

КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ ЯИЦ ПРИ ОЗОНИРОВАНИИ

П.А. Попов

ВНИИ ветеринарной санитарии, гигиены и экологии
Звенигородское шоссе, 5, Москва, Россия, 123022

В статье приведены результаты изучения качественных показателей яиц при их озонировании с определением аминокислотного состава, жирно-кислотного состава и биологической ценности.

Ключевые слова: озон, яйцо, аминокислоты, жирно-кислотный состав, биологическая ценность.

Введение. Яйца — ценный пищевой продукт, так как в их состав входят все необходимые для живого организма питательные вещества. Они содержат достаточное количество жиров, минеральных веществ, витаминов, заменимых и незаменимых аминокислот. Белок — наиболее ценная в пищевом отношении часть яйца, ему присущи бактерицидные и антибиотические свойства, что обусловлено наличием в белке лизоцима.

Углеводов в белке мало, в пересчете на глюкозу 0,41%. Яйцо богато минеральными веществами, в частности, калием, кальцием, фосфором, магнием, из них 95% приходится на долю скорлупы.

Желток яйца включает основной запас питательных веществ, его основной белок — вителлин — состоит из большого количества незаменимых аминокислот (аргинин, лизин, пролин, глутаминовая кислота) [5; 9].

И.П. Кривопишиным (1988) [2] были проведены исследования по воздействию озона на обеззараживание поверхности скорлупы инкубационных и пищевых яиц. Расчет необходимой концентрации производился по производительности озонатора. И согласно «Инструкции по дезинфекции инкубационных яиц озоном» (1977) рекомендуется применение 300—500 мг/м³ озона при экспозиции 60 минут.

Такие количества расхода озона являются неоправданно высокими из-за неправильного определения его концентрации и эффективной дозы.

В настоящее время для озонирования в птицеводстве предложены озонаторы ОП-3, ОП-4, ОП-4Б-1 производства НПП «Антарес» (г. Москва) и других фирм.

Озонатор ОП-4Б-1 коронного разряда, производительностью 1750 мг озона в час. Принцип действия озонатора основан на способности кислорода превращаться в озон в высоковольтном газовом разряде коронного типа. Атмосферный воздух прокачивается вентилятором через разрядную камеру и в зоне разряда озонируется. Озоновоздушная смесь поступает в атмосферу обрабатываемого помещения. Озонатор создает заданные концентрации озона в воздухе замкнутых объемов за счет многократного пропускания воздуха, содержащегося в камере, через генератор озона [1].

Материалы и методы исследования. Определение эффективности применения озона для санитарной обработки куриных яиц проводили согласно «Инструкции по ветеринарно-санитарной обработке объектов ветнадзора с применением озона» (2001) с применением озонатора ОП-4Б-1. Обработку яиц озоном про-

водили в камере объемом 37,5 м³ при концентрации озона 28 мг/м³, экспозиции 90 минут, влажности 68% и температуре 19 °С. Физико-химические показатели яиц определяли согласно ГОСТ 30364.1-97 «Продукты яичные. Методы физико-химического контроля». Массовую долю жира определяли с использованием фильтрующей делительной воронки, массовую долю белка определяли по методу Кьельдаля; Массовую долю влаги определяли методом высушивания и вычисляли по формуле:

$$X = (M1 - M2) \cdot M \times 100,$$

где M1 — масса бюксы с крышкой, песком, палочкой, и пробой после высушивания, г; M2 — масса бюксы с крышкой, песком и палочкой, г; M — масса навески, г; 100 — коэффициент пересчета в проценты.

Содержание общих аминокислот определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с использованием автоматического аминокислотного анализатора LC 3000 с компьютером фирмы «Erptndorf — Biotronic» (Германия). Количество массовой доли триптофана определяли методом флуоресценции [3].

Выделение липидов из образцов осуществляли экстракцией хлороформ-метанолом по методу Фолча, где чистоту выделенных липидов проверяли методом тонкослойной хроматографии. Затем определяли состав жирных кислот на газовом хроматографе HP 6890 фирмы «Hewlett Packard» с капиллярной колонкой HP Innwax 30×0,32×0,15 мкм и автоматической программой обработки хроматографических данных «Winpeak» фирмы «Bruker-franzen Analytik SCPA WinPeak» (Германия).

Относительную биологическую ценность яиц определяли согласно «Методическим рекомендациям для использования экспресс-метода биологической оценки продуктов и кормов» (ВАСХНИЛ, 1990).

Для этого брали предварительно гомогенизированную навеску яиц (2,4 мг по азоту), затем туда же добавляли 8 мл среды для анализа следующего состава (на 100 мл дистиллированной воды): глюкозы — 0,5 г, дрожжевого экстракта — 0,1 г, хлористого натрия — 0,1 г (рН среды 7,0—7,5).

Флаконы закрывали резиновой крышкой, помещали в штатив и ставили в кипящую воду на 30 минут для инактивации посторонней микрофлоры, затем флаконы охлаждали до комнатной температуры и в стерильных условиях вносили 0,05 мл трех-пятисуточной культуры инфузорий Тетрахимена пириформис, выращенной на пептонной среде.

Штатив с флаконами оставляли при комнатной температуре на 4 суток. В течение этого времени флаконы встряхивали 2—3 раза в день. Спустя 4 суток проводили подсчет выросших клеток в счетной камере Фукса—Розенталя.

Возможную токсичность содержимого яиц определяли согласно «Методическим указаниям по ускоренному методу определения токсичности продуктов животноводства и кормов» (утв. Департаментом ветеринарии МСХ РФ 16.10.2000 № 13-7-2/2156) с помощью инфузорий Тетрахимена пириформис (штамм WH14).

Метод основан на выживаемости тест-организма (инфузорий) в среде, содержащей испытуемый продукт.

Для этого во флакон из-под антибиотиков наливали по 2 мл дистиллированной воды, вносили по 0,2 мл гомогенизированной массы яиц. Затем во флаконы добавляли по 0,1 мл трех-пятисуточной культуры инфузорий Тетрахимена пириформис, выращенных на пептонной среде следующего состава (на 100 мл дистиллированной воды): пептон бактериологический — 0,2 г, глюкоза — 0,5 г, дрожжевой экстракт — 0,1 г, натрий хлористый — 0,1 г, pH среды 7,0—7,5.

Содержимое флакона встряхивали каждые 10—15 мин. для взмучивания субстрата.

Наблюдение за жизнедеятельностью клеток проводили в течение 3 часов от начала опыта через каждый час. Для этого взмучивали содержимое флакона и после оседания продукта (через 5—10 сек) брали бактериологической петлей каплю надосадочной жидкости и исследовали под микроскопом на наличие живых клеток, их подвижности, поведенческую реакцию и морфологию. Каждый образец яйца исследовали дважды в трехкратной повторности.

Органолептическую оценку проводили в соответствии с девятибалльной шкалой, разработанной ВИИМП им В.М. Горбатова [8], с определением внешнего вида, цвета, запаха, вкуса.

Расчет требуемой производительности озонатора проводили по формуле [1]:

$$G = K \cdot C \cdot V_{об} \cdot (1 - K_3),$$

где G — производительность озонатора, г/час; $V_{об}$ — объем, занятый объектом обработки, m^3 ; K_3 — коэффициент заполнения объема, $K = V_{об}/V$; C — концентрация озона, mg/m^3 ; $K = 1 \cdot 10^{-5}$ — коэффициент, выбираемый в зависимости от характера объекта обработки.

Контроль концентрации озона проводили при помощи озонметра марки АФ-2.

Для определения относительной влажности воздуха использовали психрометр аспирационный МВ-4М (паспорт Л.82.844.000ПС); для определения температуры воздуха — термометр ртутный метеорологический психрометрический по ГОСТ 15055-69 (ПО «Термоприбор, г. Клин).

Статистическую обработку экспериментальных данных по определению биологической ценности проводили согласно методике [4].

Результаты исследования

Определение химического состава яиц. Результаты исследования общего химического состава свежих яиц (5 дней после снесения) кур породы Минорки до и после озонирования приведены в табл. 1.

Как видно из табл. 1, озонирование не оказывает существенного влияния на химический состав, который практически не отличается от таковых показателей до обработки яиц. В этой связи учитывали, что согласно методам определения химического состава пищевых продуктов, в том числе яиц, разница (погрешность) измерения не должна превышать по влаге $\pm 10\%$, белка $\pm 11\%$, жира 11% . В данном случае разница между двумя измерениями составляет менее 10% ($0,9$ — $1,2\%$).

Таблица 1

Общий химический состав яиц при обработке их озоном

Показатели	Цельное яйцо ($n = 10$)				Состав по [5]	
	до обработки		после обработки (через 5 дней хранения)			
Массовая доля влаги, %	76,7		75,8		87,9	
Массовая доля белка, %	12,05		11,5		10,6	
Массовая доля жира (в составе белка и желтка), %	10,2		11,4		16,6	
Энергетическая ценность на 100 г яйца	140 ккал	588 КДж	148 ккал	621 КДж	191 ккал	803 КДж

Определение энергетической ценности выполнялось из расчета 1 г белка = 4 ккал, 1 г жира = 9 ккал, 1 г углеводов = 4,1 ккал [7].

По показателям энергетической ценности яйцо до и после озонирования осталось высококалорийным продуктом.

Определение содержания аминокислот. Результаты определения аминокислотного состава яиц приведены в табл. 2, из которой можно видеть, что яйца как до, так и после озонирования содержат весь перечень заменимых (аланин, аргинин, аспарагиновая кислота, гистидин, глицин, глутаминовая кислота, пролин, серин, тирозин, цистин) и незаменимых аминокислот (валин, изолейцин, лизин, метионин, треонин, триптофан, фенилаланин).

Таблица 2

Содержание общих аминокислот в куриных яйцах при озонировании

Аминокислоты	Цельное яйцо ($n = 10$)			По [9]
	Содержание мг/100 г аминокислот			
	до обработки	после обработки (через 5 дней хранения)	после обработки (через 30 дней хранения)	
Незаменимые				
Валин	377,185	360,346	770,00	240,000
Изолейцин	368,566	343,354	600,00	530,000
Лейцин	1 082,048	852,881	1 060,00	—
Лизин	625,767	802,843	880,00	330,00
Треонин + серин	1 561,728	1 598,065	1 480,00	—
Метеонин	297,574	282,497	440,00	270,000
Триптофан	174,0	217,00	180,00	170,00
Фенилаланин	552,342	499,715	600,00	410,00
Заменимые аминокислоты				
Глицин	599,495	381,266	380,00	—
Аланин	517,091	496,256	670,00	—
Цистин	279,024	160,108	320,00	260,000
Аргинин	681,890	653,008	750,00	570,000
Аспарагиновая	1 422,191	1 423,591	1 200,00	—
Гистидин	613,813	560,783	320,00	160,000
Глутаминовая	1 966,777	1 919,640	1 740,00	—
Тирозин	440,488	400,199	460,00	280,000
Пролин	487,120	460,069	380,00	—
Итого заменимых аминокислот				
—	6 945,621	6 494,92	6 190,00	—
Итого незаменимых аминокислот				
—	5 039,204	4 926,738	6 010,00	—

Определено также, что куриное яйцо содержит аминокислоты, от которых зависит показатель их свежести (глицин, аланин, гистидин, глутаминовая кислота).

При этом аминокислотный состав яиц под воздействием озона существенно не изменился (сумма заменимых аминокислот через 5 дней хранения отмечена в пределах 6494,92 мг/100 г, а незаменимых — 4926,738 мг/100 г; через 30 суток хранения заменимых — 6190,00 мг/100 г, а незаменимых — 6010,00 мг/100 г).

Следует отметить, что увеличение содержания незаменимых аминокислот при хранении в течение 30 суток при температуре 18—22 °С, на наш взгляд, возможно, произошло из-за испарения влаги. Согласно же методу определения содержания аминокислот в белках способом жидкостной хроматографии точность измерения по отдельным аминокислотам может колебаться от ±10 до ±20% [3], а в наших опытах она составила по незаменимым аминокислотам 2,33%, а по заменимым — 6,48%.

Определение жирно-кислотного состава яиц. Результаты изучения жирно-кислотного состава яиц после озонирования приведены в табл. 3. Была проведена метрологическая характеристика результатов анализа содержания каждой из жирных кислот по формуле:

$$r = 0,197 + 0,036 \cdot X,$$

где r — допустимое расхождение, X — среднее арифметическое значение для каждой жирной кислоты; допустимое расхождение содержания жирных кислот должно быть не более 1% от абсолютного содержания каждой кислоты [6].

Таблица 3

Жирно-кислотный состав куриных яиц при озонировании

Жирные кислоты	До обработки, %		После обработки, %	
	содержание жирн. кислоты (ср. арифм.)	допустимое расхождение (r)	содержание жирн. кислоты (ср. арифм.)	допустимое расхождение (r)
Каприловая С 8:0	0,05	0,198	0,16	0,202
Каприновая С 10:0	0,26	0,206	0,39	0,210
Ундециловая С 11:0	0,03	0,198	0,11	0,200
Гридекановая С13:0	0,06	0,199	0,08	0,199
Миристиновая С 14:0	0,83	0,226	0,38	0,210
Миристолеиновая С 14:1	0,18	0,203	0,14	0,202
цис-10-пентадеценная С 15:1	0,06	0,199	0,06	0,199
Пальмитиновая С16:0	17,42	0,806	23,44	1,017
Пальмитолеиновая С16:1	7,4	0,456	5,2	0,379
Маргариновая С 17:0	0,5	0,214	0,33	0,312
Гептадеценная С 17:1	0,02	0,197	0,22	0,204
Стеариновая С18.0	20,55	0,916	10,28	0,556
Олеиновая С 18:1	21,93	0,964	40,0	1,000
Элаидиновая С 18:1	0,09	0,200	0,13	0,201
Линолевая С 18:2 w6	23,19	0,999	12,5	0,634
γ-Линоленовая С18:3 w6	1,55	0,251	0,17	0,202
Линоленовая С18:3 w3	0,15	0,202	0,1	0,200
Арахидиновая С 20:0	1,0	0,232	0,4	0,211
Гадолеиновая С20:1 w9	0,05	0,198	0,07	0,199
цис-11, 14-эйкозодиеновая С20:2 w6	0,05	0,198	0,07	0,199
цис-11, 14, 17-эйкозатриеновая С20: 3п3	0,9	0,228	1,93	0,264
Бегеновая С22:0	0,1	0,200	0,65	0,219
Докозагексаеновая С22:6 w3	0,1	0,200	0,03	0,198
Лигноцериновая С24.0	0,06	0,199	0,31	0,207
Неидентифицир. к-ты C ₆ —C ₂₀	2,7	0,291	2,4	0,281
Итого	100	—	100	—

Как видно из табл. 3, уровень содержания жирных кислот после озонирования яиц находится в пределах расчетных единиц согласно указанной формуле.

В науке о питании пока нет определенных выводов о количественной взаимосвязи биологической ценности продуктов с измененным составом жирных кислот, в связи с чем нами были поставлены биологические опыты с применением Тетрахимены пириформис, а также проведено определение органолептических показателей яиц после озонирования.

Определение биологической ценности. Для постановки опыта использована 5-суточная культура Тетрахимены пириформис (штамм WH14). Была определена относительная биологическая ценность (ОБЦ) и возможная токсичность содержащего куриных яиц после озонирования. Результаты определения относительной биологической ценности (ОБЦ) яиц приведены в табл. 4.

Как видно из табл. 4, количество клеток инфузорий, выросших на исследованной озонированной массе яиц, практически равно количеству последних при исследовании неозонированной массы яиц (контроль).

При обработке яиц озоном не установлено отрицательного воздействия данного продукта на выживаемость клеток инфузорий, их подвижность и характер движения, поведенческую реакцию, а также морфологические показатели, что свидетельствует об отсутствии токсичных свойств испытуемого образца.

Таблица 4

Относительная биологическая ценность яиц, обработанных озоном (n = 10)

Вариант	Среднее количество инфузорий в 1 мл среды	ОБЦ, в % к контролю
Опыт	$(42,80 \pm 0,8) \cdot 10^4$	100,3
Контроль	$(42,65 \pm 1,0) \cdot 10^4$	100,0

Определение органолептических показателей яиц. Опыт был проведен с использованием шкалы для оценки качества мясных и других продуктов, разработанной ВНИИМП им В.М. Горбатова.

Для проведения опыта было создана комиссия из пяти человек, каждым членом комиссии были выставлены баллы оценки, на основании которых определен средний балл по каждому показателю до и после озонирования. Комиссии были представлены яйца в невареном и вареном видах. Результаты оценки представлены в табл. 5.

Таблица 5

Органолептические показатели яиц до и после озонирования

Показатели	Средняя оценка органолептических показателей яиц (n = 10)	
	до озонирования	после озонирования
Внешний вид	$8,5 \pm 0,25$	$8,7 \pm 0,33$
Цвет	$7,8 \pm 0,22$	$7,7 \pm 0,37$
Аромат	$5,5 \pm 0,14$	$5,7 \pm 0,44$
Вкус	$7,8 \pm 0,18$	$8,0 \pm 0,22$

Как можно видеть из табл. 5, яйца опытной группы по результатам закрытого комиссионного испытания практически не отличаются от контрольной группы

и соответствуют показателям свежего продукта, в том числе при дегустации не отмечено постороннего запаха и привкуса.

Заключение. Таким образом, установлено, что при обработке куриных яиц в камере хранения с концентрацией озона $28,0 \text{ мг/м}^3$ и экспозицией 90 минут при их оценке физико-химическими методами (по общему химическому, аминокислотному и жирно-кислотному составам), биологическим методом (при определении ОБЦ), а также по органолептическим показателям не было выявлено существенных изменений их качественных свойств после озонирования. Куриные яйца соответствовали показателям качественного свежего продукта.

Озонирование как чистый экологический способ дезинфекции рекомендуется нами для обработки яиц, в частности для их хранения: озонирование увеличивает сроки хранения с принятыми нормативами на 5 суток.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бутко М.П., Фролов В.С. Озон: синтез и его применение. — М.: ГНУ ВНИИВСГЭ, 2010.
- [2] Кривошипин И.П. Озон в промышленном птицеводстве. — М.: Росагропромиздат, 1988.
- [3] Лисицин А.Б., Иванкина А.Н., Неклюдова А.Д. Методы практической биотехнологии. Анализ компонентов и микропримесей в мясных и других пищевых продуктах. — М.: ВНИИМП, 2002.
- [4] Моцевичюте-Эрингене Е.В. Упрощенные математико-статистические методы в медицинской исследовательской работе // Патфиз. и эксперимент. терапия. — 1964. — Т. 4. — С. 71—78.
- [5] Позняковский В.М., Рязанова О.А., Мотовилов К.Я. Экспертиза мяса птицы, яиц и продуктов их переработки. Качество и безопасность. — Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2007.
- [6] Руководство по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов / Скурихин И.М., Тутельян В.А. (ред.). — М.: Брандес, Медицина, 1998.
- [7] Житенко П.В., Боровков М.Ф. Ветеринарно-санитарная экспертиза продуктов животноводства. — М.: Колос, 1998.
- [8] Серегин И.Г., Уша Б.В. Лабораторные методы в ветеринарно-санитарной экспертизе пищевого сырья и готовых продуктов. — СПб.: РАПП, 2008.
- [9] Петровский К.С. Гигиена питания. — М.: Медицина, 1971.

QUALITY INDICATORS AND BIOLOGICAL VALUE FOR EGGS OZONATION

P.A. Popov

All-Russian Scientific and Research Institution
of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology
Zvenigorodsky highway, 5, Moscow, Russia, 123022

In this study, qualitative indicators of the eggs in their ozonization with the definition of the amino acid composition, fatty acid composition and determination of their biological value.

Key words: ozone, egg, amino acids, fatty acid composition, biological value.