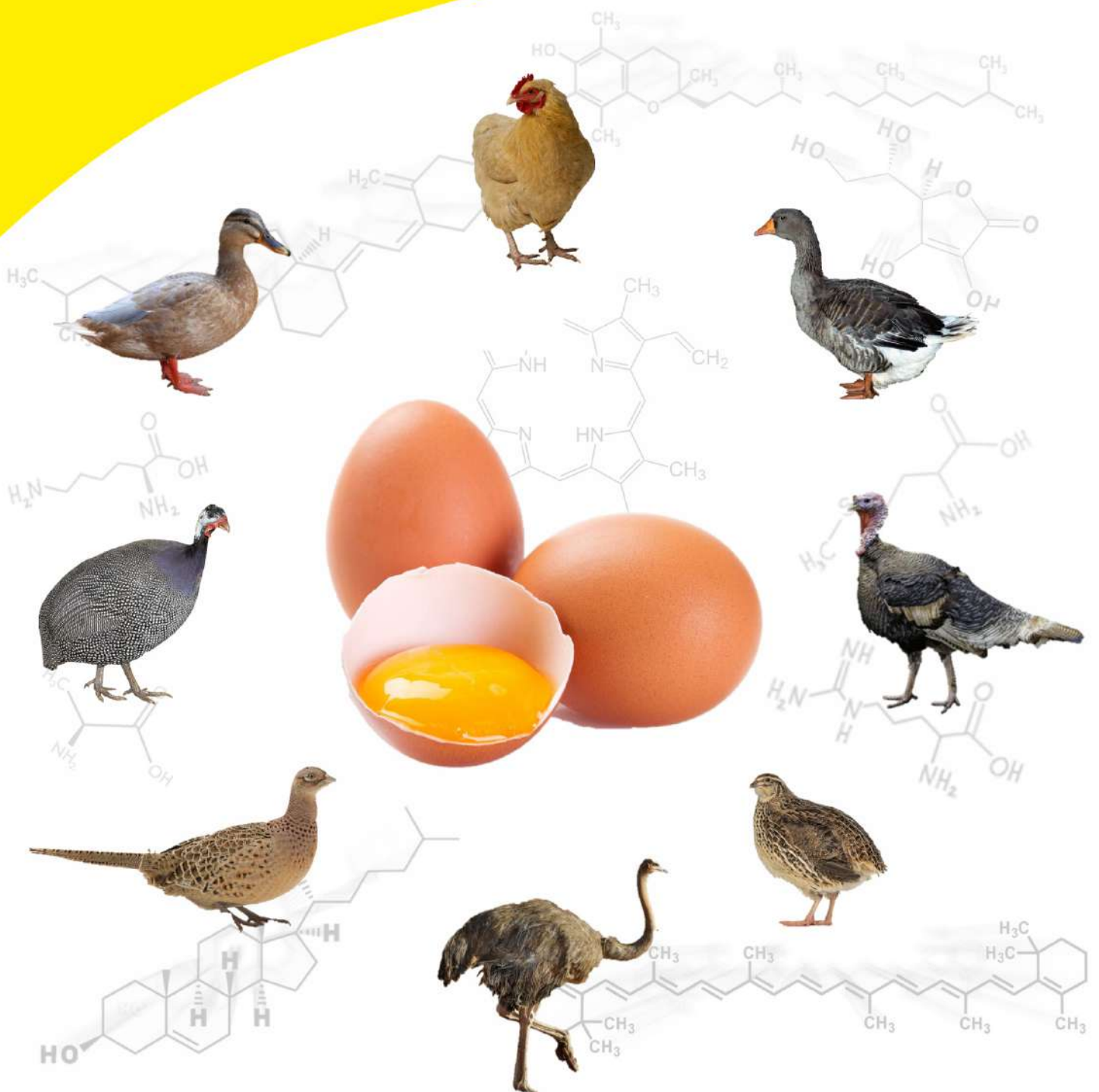


С. І. ЦЕХМІСТРЕНКО, О. С. ЦЕХМІСТРЕНКО

БІОХІМІЯ ПТАШИНОГО ЯЙЦЯ



С.І. Цехмістренко, О.С. Цехмістренко

**БІОХІМІЯ
ПТАШИНОГО ЯЙЦЯ**

Навчальний посібник

Біла Церква
2023

УДК 577.1:637.4:591.564(075.8)

Затверджено вченою радою Білоцерківського національного аграрного університету (протокол № 6 від 29.06.2023 р.)

Рецензенти:

Гунчак А.В., д-р с.-г. наук, ст. наук. співробітник, зав. лабораторії фізіології і біохімії живлення птиці Інституту біології тварин НААН України;

Данченко О.О., д-р с.-г. наук, професор кафедри харчових технологій та готельно-ресторанної справи Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного;

Бітюцький В.С., д-р с.-г. наук, професор, зав. кафедри екології та біотехнології Білоцерківського національного аграрного університету.

Цехмістренко С.І., Цехмістренко О.С. Біохімія пташиного яйця: Навч. посіб. / С.І. Цехмістренко, О.С. Цехмістренко – Біла Церква, 2023. – 152 с.

У навчальному посібнику викладені фундаментальні питання з біохімії пташиного яйця. Представлені будова пташиного яйця, хімічний склад, функціонально-технологічні властивості, а також аналізуються чинники, що на них впливають. Розглянуто біосинтез складових компонентів яйця, утворення жовтка, білка та шкаралупи. У навчальний посібник включений розділ із біохімічних змін у пташиному яйці за різних способів зберігання.

Рекомендовано для здобувачів навчальних закладів освіти зі спеціальностей: “Технологія виробництва та переробки продукції тваринництва”, “Харчові технології”, “Біотехнології та біоінженерія”, “Готельно-ресторанна справа”, “Ветеринарна медицина”.

© Цехмістренко С.І., Цехмістренко О.С. 2023

© Білоцерківський національний аграрний університет

ВСТУП

“Знайшов я куля, розбив її, а там срібло і золото. Що це?”
Нескладно відгадати цю дитячу загадку. Це яйце.

Пташине яйце – це гігантська яйцеклітина, яка захищена від зовнішнього середовища та його впливу шкаралупою овальної форми, містить сукупність білка й жовтка, з яких утворюється та розвивається зародок.

З найдавніших часів і до наших днів яйце служить їжею людині. Населення всієї земної кулі використовує в харчуванні різноманітні види яєць, однак найбільшого поширення набули курячі яйця. Дієтологи вважають їх найдосконалішим натуральним продуктом. Серед усіх продуктів харчування яйця займають особливе місце, оскільки це повноцінний та дієтичний продукт з високими смаковими властивостями. Яйце – природний концентрат, який містить у своєму складі практично всі поживні та біологічно активні сполуки, життєво необхідні людині. У яйці багато повноцінного білка та жиру, різних вітамінів та мінеральних речовин. Біологічну цінність яйця доповнюють ензими, антитіла та низка біологічно активних компонентів. Це маленька “комора” високоефективних сполук, які рідко зустрічаються в інших харчових продуктах. До таких речовин варто віднести лецитин, холін, лізоцим та арахідонову кислоту. Складові частини курячого яйця, який, в основному, використовується у харчуванні, містяться у потрібному для людини співвідношенні, а білок прийнято вважати еталоном біологічної повноцінності харчових протеїнів.

Яйця – один з найпоживніших продуктів на планеті. Одне велике варене яйце містить приблизно 77 калорій, 6 г білка, 5 г здорових жирів та здатне задовольнити добову потребу людини у вітамінах А на 6 % (від 100 % денної норми), В₂ – на 15, В₅ – на 7, В₁₂ – на 9, В_с – на 5, Фосфору – на 9, Селену – на 22 %. Яйця містять велику кількість вітамінів D, E, K, В₆, Кальцію, Цинку та інших мікроелементів, які відіграють важливу роль у підтримці здоров'я.

Вживання яєць добре впливає на кількість ліпопротеїдів високої щільності, які також часто називають “хорошим” холестеролом. Люди, у крові яких більш високий вміст ліпопротеїдів високої щільності, зазвичай мають менші ризики виникнення серцево-судинних захворювань, атеросклерозу та інших проблем зі здоров’ям. Споживання яєць змінює структуру частинок ліпопротеїнів низької щільності з малих, щільних до великих, що знижує ризики цих захворювань.

Холін, який міститься у яйці, використовується для побудови клітинних мембран, відіграє важливу роль у виробленні сигнальних молекул у мозку, регулює рівень інсуліну, підтримує здоров’я печінки. Лютеїн і зеаксантин – корисні для очей антиоксиданти, які допомагають протидіяти дегенеративним процесам, що впливають на зір та накопичуються в сітківці ока.

Доведено, що яйця насичують організм поживними речовинами й енергією та допомагають схуднути.

«Біохімія пташиного яйця» – є частиною біохімії, яка вивчає хімічний склад яєць різних видів птиці. У полі зору цієї науки є морфо-функціональні властивості, що обумовлюють технологічні якості, а також енергетичну, харчову та біологічну цінності яєць.

З метою направленою впливу на продуктивність птиці доцільно знати етапи біосинтезу складових частин яйця та регуляцію процесів яйцетворення.

Необхідно враховувати, що на якісні та кількісні показники яєць має вплив низка чинників, основними з яких є: вид, порода та вік сільськогосподарської птиці, годівля, умови утримання, сезонність тощо. Поряд з цим важливе значення має вивчення складу яєць за деяких захворюванням для усунення зараження людей у разі споживання такої продукції.

Нині велика увага приділяється питанням зберігання яєць та процесам, які при цьому відбуваються.

У процесі вивчення дисципліни “Біохімія пташиного яйця” враховуються досягнення суміжних наук, зокрема, неорганічної, органічної, фізичної та колоїдної хімії, фізіології, годівлі, птахівництва тощо.

1. МОРФО-ФУНКЦІОНАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ ЯЙЦЯ ПТИЦІ

1.1. БУДОВА ПТАШИНОГО ЯЙЦЯ

Яйце птиці – це дуже складна і досконала за своїми біологічними параметрами статева клітина самок, яка забезпечує новому організму все необхідне для зростання і розвитку аж до його вилуплення.

Яйце сільськогосподарської птиці – цінний харчовий продукт для людини і тварин, один із найбільш цінних за поживністю й засвоюваністю організмом продуктів. Засвоюваність білків яйця становить 98 %, ліпідів – 96 %, енергетична цінність 100 г харчової маси яйця (без шкаралупи) становить – 660 кДж.

Яйце може бути заплідненим – у разі утримання самок із самцями, або незаплідненим – за утримання самок без самців. Найбільше значення у харчуванні людей мають яйця курей, качок, гусей, перепелів і цесарок. Яйце птиці – яйцеклітина, оточена жовтком, білком, оболонками й шкаралупою. Форма й розмір яйця залежить від виду, породи, періоду яйцекладки, віку, умов годівлі та утримання птиці. Частіше форма яйця овальна, майже кругла або довгаста (рис. 1).

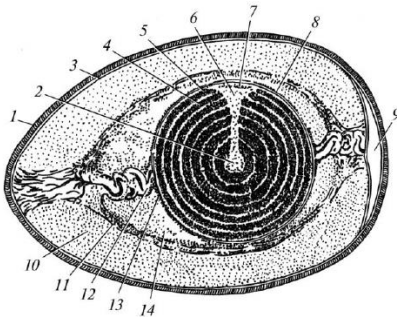


Рис. 1. Будова яйця курки:

- 1 – шкаралупа; 2 – латєбра;
- 3 – підшкаралупова оболонка;
- 4 – світлий жовток; 5 – темний жовток;
- 6 – безжовткова цитоплазма; 7 – ядро;
- 8 – жовткова оболонка; 9 – повітряна камера;
- 10 – білок (зовнішній шар);
- 11 – білок (волокнистий шар);
- 12 – халаза; 13 – халазоподібний шар білка;
- 14 – внутрішній шар білка.

Шкаралупа – захисна структура яйця, що зберігає його вміст від шкідливих чинників зовнішнього середовища (механічних,

хімічних, біологічних). У шкаралупі є два шари – зовнішній (губчатий) і внутрішній (сосочковий) (рис. 2).

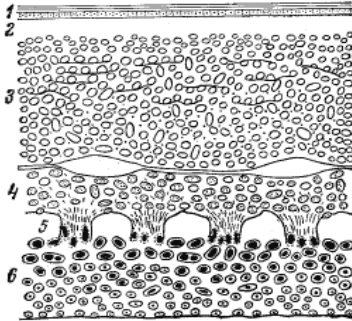


Рис. 2. Субмікроскопічна будова шкаралупи яйця курки (схема):

- 1 – кутикула; 2 – зовнішній шар;
- 3 – губчатий шар;
- 4 – сосочковий шар; 5 – сосочок;
- 6 – підшкаралупова оболонка.

Зовнішній шар покритий муциновою оболонкою – кутикулою. Шкаралупа яйця становить близько 10 % його загальної маси (табл. 1).

Верхній шар складає 1/3 товщини шкаралупи. Шкаралупа пронизана порами з діаметром 0,006–0,054 мм, а їх кількість коливається від 2 до 13 тис. штук. Найбільше пор на тупому (тоншому) кінці яйця і найменше на гострому. Через пори випаровується вода і відбувається газообмін. Через них у середину яйця можуть проникати бактерії

та плісняві гриби. Пігментація шкаралупи залежить від наявності пігменту. Курячі яйця бувають білого або від світло-коричневого до коричневого кольору. Забарвлення яйця може змінюватися залежно від зовнішніх умов та годівлі птиці.

Товщина шкаралупи важлива для транспортування та зберігання яєць, залежить від виду птиці, умов утримання, годівлі, наявності в раціоні мінеральних речовин та вітамінів. Товщина шкаралупи яєць курей у середньому дорівнює 0,35 мм, качок – 0,38, гусей – 0,53, індичок – 0,46, цесарок – 0,54 мм.

Таблиця 1. Складові частини яйця птиці

Показники	Складові частини яйця, %				
	Кури	Качки	Індики	Гуси	Цесарки
Білок	55–57	52–54	55–57	52–54	54–56
Жовток	30–32	34–36	32–34	34–36	31–33
Шкаралупа	10–12	10–12	9–11	10–12	12–14
Білок : жовток	1,9–2,0	1,8–1,9	1,7–1,8	1,7–1,8	1,9–2,0

Шкаралупа яйця пропускає ультрафіолетові та світлові промені, що дозволяє просвічувати яйця на овоскопі. Яйця з темною

шкаралупою гірше просвічуються ніж із білою. Товщина кутикули шкаралупи курячого яйця – 0,005–0,01 мм.

Під шкаралупою розміщується два листки підшкаралупових оболонок сполучнотканинного походження. Внутрішня поверхня шкаралупи вистелена підшкаралуповою оболонкою (плівкою), яка має два шари – зовнішній та внутрішній. Товщина зовнішньої підшкаралупової оболонки в середньому 53 мкм, внутрішньої – 15 мкм. Вони щільно з'єднані між собою і розділяються на місці повітряної камери. Зовнішній підшкаралуповий шар прилягає до шкаралупи, внутрішній білковий, безпосередньо стикається з білком. Товщина підшкаралупової оболонки збільшується від гострого кінця до тупого. Підшкаралупові оболонки більш тонкі у тих птахів, чий яйця мають відносно товсту шкаралупу. У курячих яєць вони становлять 0,6 % маси яйця, а в індичих, з більш тонкою шкаралупою, – близько 2,2 %.

Підшкаралупові оболонки є щільним еластичним утворенням, що складається з волокон кератиноподібного матеріалу. Товщина волокон висушеної підшкаралупової оболонки яйця дорівнює 1 мкм і має 20–100 пор/см². Підшкаралупова оболонка проникна для газів, води та розчинних мінеральних сполук, проте її властивості можуть змінюватись.

Повітряна камера (пуга) утворюється, зазвичай, у тупому кінці яйця за рахунок скорочення в об'ємі його вмісту при охолодженні після знесення і втягування навколишнього повітря всередину яйця. Пуга виникає відразу після знесення яйця. Її об'єм залежить від ступеня проникливості шкаралупи, умов та тривалості зберігання яєць. Діаметр пуги свіжого яйця курей становить 15–18 мм, висота – 1,3–2,4 мм. У пугі міститься 18–29 % кисню. Об'єм повітряної камери в момент знесення яйця дорівнює 0,1–0,3 см³. Надалі при зберіганні яєць і випаровуванні з них вологи обсяг пуги збільшується, тому її розміри можуть бути відносним критерієм свіжості яєць.

Білок яйця – прозора, майже безбарвна, з зеленкуватим відтінком, тягуча й дуже рухлива субстанція, яка складає у середньому 55 % загальної маси яйця. У разі збивання білок здатний утворювати щільну міцну піну. Білок яйця обмежений двома оболонками. Одна з них щільно прилягає до білка і

називається *білковою*, друга щільно прилягає до шкаралупи і називається *підшкаралуповою*.

Навколо жовтка білок розташований шарами неоднакової щільності: перший – рідкий, знаходиться під білковою оболонкою (26–28 % маси всього білка); другий – густий (до 50 %); в середині шару густого білка розміщується внутрішній рідкий шар (11–12 %); четвертий густий шар прилягає до жовткової оболонки, з нього утворюються градинки (*халази*) – джгутики, якими білок кріпиться до шкаралупи (до 10 %).

Чим більше густого білка, тим яйце придатніше для споживання. У разі тривалого зберігання яєць за низької температури чи короткочасного зберігання за високої температури густий білок стає рідким, зникає шаруватість.

Жовток становить у середньому 35 % загальної маси яйця. Має кулеподібну форму, покритий кератиною жовтковою оболонкою. Жовток яйця курей частіше всього складається з шести світлих і шести темних шарів, причому у разі повільної овуляції їх число може збільшуватися. Верхній шар жовтка світло-жовтий, під ним знаходиться товстіший шар – жовтий, посередині – світло-жовтий тонкий шар. Світлий жовток не такий густий, як темний, а за високої температури зсідається повільніше, що можна помітити у вареному яйці, коли його розрізати навпіл. Послідовність світлих шарів жовтка відображає його щоденний ріст в організмі птиці. Колір жовтка залежить від якості корму та утримання птиці. Жовток забарвлюється ксантофілом та каротином, якими багаті зелені корми. Літні яйця мають темно-жовтий жовток, зимові – світло-жовтий. Жовток має оболонку, яка відіграє велику роль у осмотичних явищах – пропускає газу й рідину. У свіжому яйці жовткова оболонка еластична й пружна, тому у разі виливання яйця зберігає кулеподібну форму жовтка. За тривалого зберігання оболонка втрачає ці властивості, а при виливанні яйця жовток розпливається його оболонка, а інколи розривається.

У центрі жовтка знаходиться ядро (*латебра*) діаметром біля 6 мм. На анімальному полюсі яйця розміщений зародковий диск розміром 2 мм, який з'єднаний із латеброю світлим жовтком – шийкою латебри. Частина світлих шарів жовтка мають розмір 4–75 мкм, темних – 25–150 мкм.

1.2. ФУНКЦІОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЯЄЦЬ ПТИЦІ

Для пташиних яєць характерний ряд властивостей, що мають певне значення для оцінки їх господарських показників і якості, повноцінної і цілеспрямованої годівлі, розробки раціональних способів збирання, обробки, пакування і зберігання яєць.

Маса яйця – важлива селекційна ознака яєць птиці. Так, маса курячих яєць у середньому дорівнює 55–65 г, індичих – 110, гусиних – 110–180, цесариних 35– 45, перепелиних – 8–10 г. Кури окремих ліній несуть яйця на 10–15 % більші і важчі, ніж звичайні. Маса яєць курей-молодок на 10–15 % менша, ніж дворічок. Яйця різних видів сільськогосподарської птиці відрізняються між собою певними характеристиками (табл. 2).

Таблиця 2. Характеристика яєць різних видів сільськогосподарської птиці

Показники	Яйця птиці				
	Кури	Качки	Індики	Гуси	Цесарки
Маса яйця, г	50–75	60–105	60–105	120–230	35–52
Індекс форми, %	70–80	67–75	70–76	60–70	75–90
Густина яйця, г/см ³	1,070–1,095	1,075–1,090	1,075–1,085	1,085–1,095	1,115–1,130
Пружна деформація, мкм	21–26	20–23	20–25	17–21	15–18
Одиниця ХАУ	75–80	73–78	74–79	80–85	80–85
Висота повітряної камери, мм	2–3	3–4	2,5–3,5	3,5–4,5	1,5–2,5
Калорійність, кал/100 г	155–170	190–205	160–175	185–200	160–175
Товщина шкаралупи, мм	0,30–0,37	0,33–0,40	0,32–0,39	0,50–0,57	0,52–0,57
Пористість шкаралупи, пор/см ²	120–170	60–80	40–60	30–50	60–80

Форма і розміри яєць у різних видів птиці різні. Найчастіше форма яйця овальна, майже кругла, або видовжена. Форма і розміри залежать від породи, індивідуальних особливостей самки, генетичних особливостей, а також обумовлена будовою яйцепроводу та характером скорочення його стінок у разі утворення яйця. Яйця курей яєчних порід більш видовжені і

загострені на вузькому кінці, ніж у курей яечно-м'ясних порід. Дуже довгі і круглі яйця вважаються нестандартними. Найбільші яйця – страусові, потім – гусячі, індичі, качині і, на кінець, курячі. Найменші яйця цесарок, голубів та перепелів. Форму яєць оцінюють в основному за *індексом форми*, який визначають шляхом вимірювання поперечного та поздовжнього діаметрів:

$$\text{Індекс форми, \%} = D_n \times 100 / D_{np},$$

де D_n – поперечний діаметр яйця; D_{np} – поздовжній діаметр яйця.

Індекс форми значною мірою пов'язаний з кількістю бою та насічки яєць. Оптимальний індекс форми для курячих яєць – 70–78 %. Так, у курей-несучок за кліткового способу утримання за індексу форми яйця 69 % бій і насічка становлять 15 %, за 75 – 8,8, а за 79 % та більше – 21,1 %.

Окрім того, форму яєць оцінюють (в основному візуально) за такими показниками, як *асиметрія* та *наявність аномалій*. Дуже довгі чи круглі яйця вважають нестандартними.

До показників, що характеризують якість білка та жовтка, прийнято відносити *індекси білка та жовтка*. Співвідношення між кількістю густого й рідкого білка є одним з показників якості яєць. Відношення висоти зовнішнього шару щільного білка до його середнього діаметра називається *індексом білка*. У свіжих яєць він становить 0,07–0,09. У разі тривалого або неправильного зберігання яєць індекс білка знижується до 0,025–0,03, що свідчить про погіршення його якості. *Індекс білка* (I_b) визначають за формулою:

$$I_b = H / D,$$

де H – висота щільного білка, мм; D – середній діаметр щільного білка, вилитого на гладку поверхню, мм.

Відношення висоти жовтка до його середнього діаметра називається *індексом жовтка*. У свіжих яєць він коливається в межах 0,40–0,45. За зберігання індекс жовтка знижується до 0,25, що сприяє розриву оболонки яєць. Індекс жовтка значно менш чутливий до змін під час зберігання, ніж індекс білка. Визначення індексу жовтка проводять за формулою:

$$I_y = H / D,$$

де H – висота жовтка, мм; D – середній діаметр жовтка, мм.

Товщина шкаралупи – показник товарної якості яєць та рівня вітамінно-мінерального живлення несучок.

Міцність шкаралупи – важливий показник товарної цінності яйця. Форма яйця та товщина шкаралупи позначаються на її міцності. Середнє зусилля, необхідне для розбивання тупого кінця яйця дорівнює 4,7 кг, гострого кінця – 5,6 кг. При роздавлюванні яйця по великому діаметру необхідно докласти зусилля на 1–2 кг більше, ніж при роздавлюванні за малим діаметром. Яйця із середньою товщиною шкаралупи витримують зусилля 2,5–4,5 кг.

Пружна деформація шкаралупи – опосередкований показник її товщини та міцності.

Пористість шкаралупи визначають за допомогою фарбування її внутрішньої поверхні спиртовим розчином метиленової синьки (0,1–0,5 %) до появи розчину в порах на зовнішній поверхні шкаралупи. Пофарбовані і добре помітні пори рахують на чотирьох ділянках шкаралупи з площею кожного по 0,25 см², потім вираховують кількість пор на 1 см².

Термін і температура зберігання яєць мають вирішальне значення у появі *плямистості шкаралупи*. Після знесення яєць на шкаралупі плямистість майже не виявляється, але через добу і навіть раніше (залежно від температури зберігання) плямистість по-різному з'являється на всіх яйцях.

Густина яйця – величина, що визначається відношенням маси яйця до його поверхні та значною мірою обумовлено масою шкаралупи. Густина білка свіжого яйця за 20 °С становить 1,045 г/см³, а сухого білка – 2,567 г/см³. Густина перемішаного жовтка становить 1,029–1,030 г/см³. Середня густина шкаралупи становить 1,95–2,70 г/см³, проте яйця різних видів птиці різняться за густиною (табл. 3).

Таблиця 3. Густина яєць сільськогосподарської птиці

Вид птиці	Густина яйця, г/см ³	Вид птиці	Густина яйця, г/см ³
Кури	1,065–1,095	Гуси	1,070–1,100
Індики	1,065–1,090	Цесарки	1,090–1,130
Качки	1,065–1,085	Перепели	1,055–1,070

Газопроникність – здатність шкаралупи пропускати гази за існування різниці тисків по обидва боки її поверхні. Вона характеризує інтенсивність газообміну між зовнішнім середовищем і вмістом яйця. Через пори шкаралупи в яйце проникає кисень і

виділяється вуглекислий газ. За одну хвилину та тиску 200 мм рт. ст. газопроникність гусячих яєць становить $19,5 \text{ см}^3$, цесариних – 19, перепелиних – $3,0 \text{ см}^3$. Найбільш інтенсивно ці процеси проходять у тупому кінці яйця, де розміщується повітряна камера. Свіже незапліднене яйце за добу виділяє близько $3,5 \text{ мг}$ ($1,8 \text{ см}^3$) вуглекислого газу, білок яйця – до 55 мг. Причиною виділення вуглекислого газу є його високий вміст в яйці, куди він потрапляє з яйцепроводу у разі формування білка.

Вологопроникність – здатність шкаралупи і підшкаралупових оболонок пропускати всередину яйця вологу зовнішнього середовища. Між газо- і вологопроникністю існує кореляційний зв'язок. Цей чинник має велике значення для існування яйця і розвитку у ньому ембріону.

Якщо з яйця зняти шкаралупу і підшкаралупові оболонки, то випаровування вологи з яйця збільшується більше, ніж у 300 разів. Таке яйце у першу добу втрачає близько 550 мг води. Це є причиною загибелі ембріонів за пошкодження шкаралупи у запліднених яєць. Надшкаралупова оболонка зменшує вологопроникність шкаралупи. За її видалення (миття за температури $40\text{--}42^\circ\text{C}$) маса курячих яєць збільшується. Немиті яйця за 10 діб зберігання за температури 18°C і відносній вологості 75 % втрачають 1,6 % маси, а миті – 1,9 %.

Теплофізичні властивості яйця необхідно враховувати для розрахунку затрат теплоти чи холоду на їх нагрівання чи охолодження. Найбільш важливими з них є питома теплоємність та коефіцієнт теплопровідності. Теплофізичні властивості яєць залежать від температури, вмісту сухих речовин, головним чином від кількості та дисперсності жиру, води тощо.

Теплоємність – кількість теплоти, які необхідно підвести до тіла, щоб підвищити його температуру на один градус. Теплоємність вмісту яйця майже в 2,4 рази менша теплоємності води. Питома теплоємність вмісту яйця становить близько $1,74 \text{ Дж}/(\text{кг}\times\text{K})$.

Теплопровідність – перенесення енергії від більш нагрітих ділянок тіла до менш нагрітих у результаті теплового руху і взаємодії мікрочастинок, що приводить до вирівнювання температури даного тіла. Яйце має низьку теплопровідність. Це обумовлено гелеподібним станом яйця у цілому, білка і жовтка (особливо

останнього, зокрема). Так, білок яйця замерзає за $-0,42-0,58$ °С, жовток – за $0,58-0,65$, а ціле яйце – за $0,7-0,8$ °С.

Коагуляція – злипання колоїдних частинок вмісту яйця під впливом різноманітних чинників (дії високих температур, сильних кислот, лугів, солей важких металів, алкалоїдних реактивів, тощо). За нагрівання до 57 °С спостерігається слабка коагуляція вмісту яйця, до 70 °С – виражена коагуляція, за більш високих температур – денатурація. Жовток більш стійкий до теплової коагуляції, ніж білок. Перше згортання жовтка настає за температури 65 °С.

Коефіцієнт рефракції – показник заломлення світла у середовищі. Коефіцієнт рефракції різний для білка і жовтка (табл. 4). Коефіцієнт рефракції жовтка та білка використовують як непрямий показник вмісту сухих речовин та визначають за допомогою рефрактометра. Перед виміром необхідно отримати однорідну масу ретельного розмішування. Точність показань рефрактометра встановлюють за допомогою дистильованої води, коефіцієнт рефракції якої за 15 °С дорівнює $1,33329$.

Таблиця 4. **Коефіцієнти рефракції білка і жовтка яєць різних видів сільськогосподарської птиці**

Вид птиці	Коефіцієнт рефракції		Вид птиці	Коефіцієнт рефракції	
	білка	жовтка		білка	жовтка
Кури	1,3550	1,4164	Гуси	1,3540	1,4220
Індички	1,3550	1,4180	Цесарки	1,3576	1,4191
Качки	1,3560	1,4230	Перепілки	1,3570	1,4188

Коефіцієнт рефракції яйця поступово підвищується у разі наближення від периферії до центру. Так, поверхневий рідкий шар білка має коефіцієнт рефракції $1,3529$, градинковий шар – $1,3606$.

Яйця добре пропускають світло. Відношення інтенсивності світла, що проходить через яйце, до інтенсивності освітлення яйця із білою шкаралупою біля загостреного кінця шкаралупи становить $0,007-0,057$, а на тупому кінці – $0,004-0,24$. Яйця із забарвленою шкаралупою гірше пропускають світло. За допомогою овоскопу у променях світла визначають розміри повітряної камери, стан білка і жовтка, а також пошкодження шкаралупи.

Водневий показник (рН) характеризує концентрацію водневих іонів у різних складових частинах яйця. Для білка яйця характерна слаболужна реакція (рН $7,2-7,6$), для жовтка – слабокисла (рН $5,7-$

6,2). Під час зберігання значення рН унаслідок часткового гідролізу білка підвищується і може досягати 9,7, а жовтка – 6,4–6,9.

В'язкість (внутрішнє тертя) – властивість газів і рідин, що характеризується опором дії зовнішніх сил, які викликають їх витікання. Білок і жовток яйця – колоїдні розчини. В'язкість білка в 45–55 разів перевершує в'язкість води і становить за 0 °С близько 2,5 Па·с. В'язкість жовтка за 25 °С – близько 0,8 Па·с. В'язкість жовтка значно збільшується зі зниженням температури, що пов'язано з наявністю у його складі значної кількості жирів. За температури 0 °С в'язкість збільшується до 20 Па·с. Найменшу в'язкість має зовнішній шар рідкого білка, яка у 4 рази більша в'язкості води. Білки з щільною консистенцією (градинковий шар) мають в'язкість більшу у 2–3 рази, ніж з рідкою консистенцією.

Поверхневий натяг – сила, що діє на поверхні будь-якої рідини і прагне втягнути її зовнішній шар всередину. Поверхневий натяг білка курячого яйця становить 0,053 Н/м, а жовтка – 0,035 Н/м.

Електрофізичні властивості відображають структурно-механічні та біохімічні зміни у яйці, які залежать від вологості, температури та інших чинників. Із електрофізичних властивостей яйця найбільше значення мають дві – *електропровідність* і *біоелектричний потенціал*. Електроопір білка яйця – 12 Ом, жовтка – 32 Ом. Білок має в 2,5–3 рази більшу електропровідність, ніж жовток. Білок і жовток яйця різняться між собою біоелектричними потенціалами. Для свіжих, тільки що знесених яєць, така різниця дорівнює 0,1–0,5 мВ, через деякий час вона стає 3–6 мВ, значно зростає у запліднених яєць.

Різні складові частини пташиного яйця відрізняються між собою *розчинністю*. Шкаралупа не розчинна у воді, а розчиняється у розчинах сильних мінеральних кислот (H_2SO_4 , HCl , HNO_3). Білок яйця добре розчиняється у воді, жовток – у розчинах лугів або сильних мінеральних кислот.

Однією з технологічних властивостей білка яйця є *пінистість*. Білок яйця може механічно збиватися, що приводить до утворення піни. При цьому об'єм свіжого білка збільшується в 3,5 рази і більше. Пінистість білка зменшується за додавання до нього жовтка, молока та незначної кількості масла (0,5 %). Домішки сприяють розпаду піни. Жовток у разі змішування утворює емульсію, яка стабілізується білками.

1.3. ЕНЕРГЕТИЧНА, ХАРЧОВА ТА БІОЛОГІЧНА ЦІННІСТЬ ЯЄЦЬ

Енергетична цінність (або калорійність харчового продукту) – це кількість енергії, що вивільняється в організмі людини у процесі травлення у разі окиснення жирів, білків, вуглеводів за умови повного їх засвоєння. Вона характеризує поживність різних істивних частин пташиного яйця (табл. 5).

Таблиця 5. Енергетична цінність складових частин яйця різних видів сільськогосподарської птиці, кДж/100 г

Вид птиці	Енергетична цінність, кДж/100 г		
	Жовток	Білок	Жовток з білком
Кури	1200–1590	168–176	660–680
Індички	1470–1620	195–210	690–710
Качки	1680–1710	180–210	770–850
Гуси	1680–1710	197–205	750–800
Цесарки	1400–1500	190–200	660–680

Пташине яйце – високоцінний енергетичний харчовий продукт. Близько 25 % компонентів яйця є енергетично цінними речовинами. До них, у першу чергу, слід віднести нейтральний жир, фосфоліпіди, вуглеводи і білкові речовини. Енергетична цінність яєць водоплавної птиці більша, ніж яєць наземних птахів.

Дрібні яйця мають більшу енергетичну цінність порівняно з великими. У дрібних яйцях жовток займає відносно більшу масову частку, тому їх калорійність і харчова цінність, із розрахунку на одиницю маси вища. Енергетична цінність пташиного яйця залежить від багатьох чинників і, у першу чергу, від сезону року.

Враховуючи, що жовток є основним джерелом поживних речовин та енергії в яйці, співвідношення між жовтком і білком є важливим чинником, який обумовлює його харчову цінність. За хімічним складом, особливо за вмістом вітамінів і мінеральних речовин, яйце займає одне із перших місць серед продуктів тваринного походження.

Харчова цінність – кількісне співвідношення поживних речовин у продукті та сумарна енергетична цінність, органолептичні характеристики виробу та здатність речовин перетравлюватися та засвоюватися організмом (рис. 3).



Рис. 3. Показники харчової цінності продукту.

Біологічна цінність білків характеризує здатність їх забезпечити пластичні процеси та синтез метаболічно-активних субстанцій. Біологічна цінність білків обумовлена наявністю у них незамінних амінокислот, їх співвідношенням із замінними та засвоюваністю у шлунково-кишковому тракті.

Засвоєння білків їжі, повнота використання амінокислот може бути досягнута тільки у разі збалансованості раціонів за незамінними амінокислотами. Якщо будь-якої із незамінних амінокислот у білках їжі буде менше, ніж у стандартному білку, то й інші амінокислоти не можуть бути цілком використані організмом.

Біологічну цінність білків оцінюють різними методами (рис. 4).



Рис. 4. Методи оцінювання біологічної цінності білків.

За біологічною цінністю яйця є продуктом першого класу, в яких коефіцієнт засвоєння білка становить 98.

2. ФУНКЦІОНАЛЬНО-ХІМІЧНИЙ СКЛАД ЯЄЦЬ

2.1. ВМІСТ ЦІЛЬНОГО ЯЙЦЯ

В яйці є всі речовини необхідні для росту і розвитку ембріона (табл. 6). Головним компонентом яйця є вода. Яйця різних видів сільськогосподарської птиці різняться між собою вмістом окремих хімічних сполук.

Таблиця 6. Хімічний склад яєць різних видів сільськогосподарської птиці, %

Показники	Яйця птиці					
	Кури	Індички	Цесарки	Качки	Гуси	Перепілки
Вода, %	73,6	73,7	72,8	69,7	70,6	74,6
Сухі речовини, %	26,4	26,3	27,2	30,3	29,4	25,4
Орг. речовини, %, у т.ч. протеїни	25,6	25,5	26,3	29,3	28,2	24,3
ліпіди	12,8	13,1	13,5	13,7	14,0	13,1
вуглеводи	11,8	11,7	12,0	14,4	13,0	11,2
Неорг. речовини, %	1,0	0,7	0,8	1,2	1,2	–
	0,8	0,8	0,9	1,0	1,2	1,1

Окремі частини яйця характеризуються певним хімічним складом, зв'язаним з виконанням ними функцій у структурі та існуванні пташиного яйця. Висока харчова цінність яйця обумовлена його хімічним складом. До складу яйця входять білки, жири, вуглеводи, мінеральні речовини та вітаміни. Сухі речовини становлять 25–30 %, у тому числі білки – 13–14 %, жири – 11–14 %, вуглеводи – 1 % та мінеральні речовини – 1 %.

Органічні речовини яйця – це протеїди, вуглеводи, ліпіди, вітаміни, пігменти.

В яйці міститься ряд макро- та мікроелементів, зокрема: Алюміній, Кальцій, Арсен, Хлор, Барій, Ферум, Бор, Магній, Бром, Фосфор, Хром, Калій, Йод, Натрій, Силіцій, Сульфур, Марганець, Рубідій, Фтор, Плюмбум, Аргентум, Стронцій, Титан, Уран, Ванадій, Цинк тощо.

Яйця водоплавної птиці (качок і гусей) містять більше ліпідів, ніж наземної птиці (курей, індичок, цесарок), що обумовлено тим, що за висиджування пташенят вони більше піддаються дії низьких температур, ніж яйця наземної птиці. Крім того, для водоплавної птиці характерна вища температура тіла та більш низька інтенсивність енергетичного обміну, що, безумовно, відбивається філогенетично у високих запасах ліпідів у яйці, особливо нейтрального жиру.

2.2. ФІЗИКО-ХІМІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БІЛКА ЯЄЦЬ

Найбільш цінною у харчовому відношенні складовою частиною яєць є білок (табл. 7). Свою назву “білок” одержав у зв’язку з кольором, що виникає після кип’ятіння яйця. Білок займає близько 60 % об’єму яйця, його густина становить 1,039–1,042 г/см³. Білок складається з великої кількості мікроскопічних осередків, відокремлених один від одного тонкими плівковими перегородками, утвореними із білкової речовини овомуцину. Ячний білок має шарувату будову, що можна бачити, виливши свіже яйце.

Таблиця 7. Хімічний склад яєчного білка сільськогосподарської птиці, %

Масова частка, %	Вид яєць птиці				
	Кури	Індички	Качки	Гуси	Цесарки
Вода	86,9	87,0	86,0	86,0	86,9
Суша речовина, у т.ч.	13,1	13,0	14,0	14,0	13,1
протеїни	9,7	10,4	11,5	11,5	10,3
жир	0,03	0,03	0,09	0,05	0,06
зола	0,54	0,75	0,85	0,85	0,56
вуглеводи	0,85	1,36	1,07	1,28	1,10
Лізоцим, мг/г	5,0	3,75	1,70	0,40	3,0
pH	8,7	8,8	9,0	8,9	8,8

Розрізняють декілька шарів білка. Зовнішній рідкий, який прилягає до підшкаралупової внутрішньої оболонки, його масова частка становить 12–13 % маси яйця. Щільний шар білка густіший за консистенцію, становить 30 % маси яйця та майже половину маси білка. Частка внутрішнього рідкого шару білка становить 11–13 % яйця. Внутрішній щільний або халазоутворюючий шар білка, покриває жовток і утворює халази (градинки), спрямовані до

діаметрально протилежних кінців яйця. З їх допомогою жовток утримується у центрі яйця.

Шари білка відрізняються за консистенцією та хімічним складом. Зокрема, у поверхневому (зовнішньому) рідкому шарі білка міститься 10,90 % сухої речовини, у внутрішньому рідкому – 12,25, у щільному шарі білка – 11,65 % сухої речовини.

Шар щільного білка найбільш в'язкий, вміст його в яйці визначає в'язкість білка. Високий вміст у складі білка води дозволяє їй бути дисперсійним середовищем, а іншим речовинам – дисперсною фазою. Все разом створює складну дисперсну систему, для якої характерні властивості ліофільного колоїдного розчину. Вміст щільного білка прийнято вважати одним із основних показників якості яєць. У вилитому свіжому яйці щільний білок зберігає контури форми яйця. Після тривалого або незадовільного зберігання яєць щільний білок розріджується і втрачає контури форми. Консистенція щільного білка щойно знесених яєць у різні сезони року різна. Чинить вплив на густину білка і температура навколишнього середовища. За підвищеного вмісті в раціоні птиці протеїну значно збільшується маса щільного білка в яйці, особливо на початок яйцекладки. Встановлено також, що кількість щільного білка в яйці зменшується із збільшенням періоду несучості.

У білку яєць переважають прості білки, які знаходяться у здебільшого розчиненому стані. У шарах білків вміст протеїнів та мінеральних речовин збільшується від зовнішнього шару до внутрішнього.

До складу білка яйця входять прості протеїни (овоальбумін, овокональбумін, овоглобулін) та глікопротеїди (омукоїд та овомуцин). Кожний індивідуальний білок у білку яйця представлений неоднаково. Так, овоальбумін складає 75 % загальної маси чистого яєчного білка, овомукоїд – 13 %, овомуцин – 7 %, овокональбумін – 3 %, овоглобулін – 2 %. У різних шарах білка міститься різна кількість індивідуальних білків (табл. 8).

У білку в середньому міститься 0,53 % загального Фосфору яйця, у тому числі 0,12 % кислоторозчинного.

У білку виявлено барвник – овофлавін, який відноситься до водорозчинних пігментів (флавінів). Цієї речовини в яйці дуже мало, близько 3 мкг, але вона має велике значення, оскільки входить до складу вітаміну групи В, зокрема рибофлавіну (В₂).

Таблиця 8. **Середній вміст індивідуальних білків у різних шарах білка курячого яйця, %**

Білок	Шари білка		
	зовнішній рідкий	щільний густий	внутрішній рідкий
Овоальбумін	94,4	89,2	89,3
Овоглобулін	3,7	5,6	9,6
Овомуцин	1,9	5,2	1,1

Білок яйця проявляє бактерицидні та антибіотичні властивості. Дослідження антибіотичної активності білка яєць різних птахів показали, що сильнішою антибіотичною властивістю характеризується білок курячих яєць і найбактерициднішим є зовнішній його шар. Антибіотичні властивості білка пояснюються наявністю в ньому бактерицидної речовини – лізоциму, яка вбиває мікроби або затримує їх розвиток. Травними ферментами (пепсином, трипсином) лізоцим не руйнується.

Вуглеводів у білку дуже мало. У складі окремого курячого яйця є у середньому близько 0,5 г вуглеводів, 75 % з яких міститься у складі білка у вільному і зв'язаному з протеїнами станах. Вільні вуглеводи представлені у вигляді цукру, вміст яких у перерахунку на глюкозу становить 0,4 %. У білку курячих яєць міститься 470–520 мкг цукру. Зв'язані вуглеводи є складовими частинами білків яєчного білка (табл. 9).

Таблиця 9. **Вміст зв'язаних вуглеводів у білках яєчного білка, %**

Білок	Вуглевод	Вміст, %
Овоальбумін	Маноза	1,7
Овоканальбумін	Маноза і глюкоза	2,8
Овоглобулін	Маноза	4,0
Овомуцин	Маноза і галактоза	14,9
Овомукоїд	Маноза і галактоза	9,2

Ліпіди білка складають лише 1 % всіх ліпідів яйця. Вони представлені нейтральними жирами, частково – холестеролом і його естерами, фосфатидами і цереброзидами.

Пігменти яєчного білка представлені в основному овофлавіном (до 0,07 мг), частково – ліпо- і ліохромами.

Більшість вітамінів яйця міститься у жовтку, білок має лише деяку кількість рибофлавіну, ніацину, піридоксину, біотину, пантотенової і фолієвої кислот.

З ферментів у складі білка найбільш активний є лізоцим, ідентифіковані ферменти груп протеаз, оксидаз і амілаза.

Білок яйця містить значну кількість мінеральних речовин, представлених макро- та мікроелементами. Більше інших у білку є такі елементи: Кальцій – 0,012 %; Фосфор – 0,013; Натрій – 0,161; Калій – 0,167; Магній – 0,09; Сульфур – 0,195; Ферум – 0,0009 %.

Реакція білка свіжого яйця лужна, показник рН перебуває у межах 7,6–9,3, що певною мірою визначає його бактерицидні властивості. У процесі зберігання яєць реакція середовища білка наближається до нейтральної.

Сирий яєчний білок містить речовину, яка називається авідин – антивітамін біотину (вітамін Н, або В₇). Ця речовина зв'язує біотин і перешкоджає його всмоктуванню у кров. У разі нагріванні відбувається денатурація (необоротне порушення структури) авідину в яєчному білку, тому термооброблені яйця не заважають засвоюватися біотину.

2.3. ФІЗИКО-ХІМІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЖОВТКА ЯЄЦЬ

Жовток – це велика клітина, що має форму неправильної кулі. Середня довжина курячого яйця становить 33 мм, ширина – 31 мм, площа поверхні – 32,2 см², об'єм – 17,2 см³.

Жовток покритий жовтковою оболонкою, яка відіграє важливу роль у осмотичних процесах, що відбуваються у яйці. Жовткова оболонка має білкову природу та складається з склеропротеїду (речовини, близької до кератину), є непроникна для ововітеліну, проте проникна для води. У свіжому яйці жовткова оболонка еластична та пружна. При виливанні яйця вона сприяє збереженню кулястої форми жовтка. У разі зберігання яєць жовткова оболонка втрачає еластичність, і внаслідок цього у вилитому яйці жовток розливається.

Густина яєчного жовтка становить 1,027–1,036 г/см³. У жовтку є більше аніонів, ніж катіонів, співвідношення їх у жовтку 2,8, а у білку – 0,54. Загальне співвідношення аніонів до катіонів у цілому яйця дорівнює 2,3.

На поверхні жовтка знаходиться зародковий диск – маленька білувата плямка з діаметром 3–4 мм у незаплідненому яйці, а у заплідненому дещо більше – 4,4 мм. У незаплідненому яйці зародковий диск є власне яйцеклітиною – ядром і протоплазмою.

Жовток складається з темних і світлих шарів: більш жовтого живильного жовтка та світлого, які обмежені загальною тонкою та прозорою жовтковою оболонкою. У жовтку зосереджено основний запас поживних речовин яйця (табл. 10).

Таблиця 10. Хімічний склад жовтка яєць птиці, %

Масова частка, %	Вид яєць птиці				
	Кури	Індички	Качки	Гуси	Цесарки
Вода	52,7	55,2	56,0	56,5	51,3
Суха речовина, у т.ч.	47,3	44,8	44,0	43,5	48,7
протеїни	16,2	17,4	17,5	18,3	16,5
жир	31,8	33,2	35,8	36,6	31,1
зола	1,04	1,25	1,18	1,60	0,95
вуглеводи	0,96	0,85	1,05	1,05	0,80
Вітамін А, мкг/г	7,0	7,0	6,0	9,0	10,2
Каротиноїди, мкг/г	16,8	19,5	18,8	22,5	27,7
pH	5,9	6,1	6,2	6,1	5,9

Сухий залишок жовтка включає жири (ліпіди), протеїни, неорганічні речовини та вуглеводи. Крім того, жовток відрізняється високим вмістом вітамінів. У ньому знаходиться і більшість мікроелементів: Фтор, Купрум, Цинк, Алюміній, Марганець тощо.

Жовток середнього курячого яйця містить мг: Фосфор – 110, Кальцій – 27, Магній – 24, Хлор – 23, Калій – 21, Натрій – 13, Сульфур – 3, Ферум – 2.

Протеїни жовтка складають 33 % від його сухого залишку і складаються з вітеліну, вітелініну та фосфовітину. Основним протеїном є вітелін (ововітелін 78,4 %). У вітеліні містяться у великій кількості такі незамінні амінокислоти, як аргінін, лізин, пролін, глутамінова кислота. У складі вітеліну акумулюється близько 1/3 Фосфору жовтка. Значна частина загального Фосфору жовтка входить до складу ліпідів.

Жири та жироподібні речовини знаходяться у яйці у вигляді простих ліпідів та комплексних сполук, до складу яких входить Фосфор, Нітроген та вуглеводи. Усі ліпіди сконцентровані у

жовтку та становлять 31–36 % його сиріої маси, з яких 20–23 % є нейтральними жирами. Фосфатиди жовтка представлені лецитином (8,6 %), який містить різні насичені та ненасичені жирні кислоти, гліцерол, фосфатну кислоту, а також холін.

1 г курячого жовтка містить 17,8 мг холестеролу, близько 80 % якого знаходиться у вільному стані, а решта перебуває у вигляді естерів. Вміст холестеролу в яйці постійний та не залежить від виду птиці.

Встановлено, що вміст жиру і лецитину в жовтку яєць різних порід курей різниться, причому у більших яйцях менше жиру, ніж у дрібних.

Вуглеводів у жовтку мало. Так, вміст цукру у жовтку у перерахунку на глюкозу становить 0,21 %. Жовток є джерелом багатьох мінеральних речовин. У свіжому жовтку близько 235 мг золи, у залишковому жовтку при виведенні пташенят – 165 мг.

Жовтий колір жовтка обумовлений каротиновими пігментами – каротином та ксантофілом. Більшу частину забарвлення дає ксантофіл і трохи менше каротин. Вміст їх у яйці залежить від складу кормів. Каротиноїдні пігменти у більшій кількості містяться у рослинних кормах.

Крім вітаміну А в жовтку містяться вітаміни D, К, Е, Н, РР, В₁, В₂, В₆, В₁₂ та ін. Їхня кількість залежить від складу та повноцінності згодовуваного птиці раціону.

Основне джерело енергії в яйці – жовток. Оскільки відносний вміст жовтка у великих яйцях менший, ніж у дрібних, енергетична цінність дрібних яєць на одиницю маси вища. Наприклад, яйця масою 32 г мають енергетичну цінність на 100 г продукту 177 ккал, а яйця масою 67 г – 155 ккал/100 г продукту.

Ячний жовток є сумішшю біологічно активних і поживних речовин, які накопичені в яйці для забезпечення розвитку майбутнього пташеняти. Саме це і становить його харчову цінність у харчуванні людей.

Яйця – один із найкращих продуктів харчування людини. Вони повноцінні з погляду великої кількості поживних речовин, які містяться в них та знаходяться в такому поєднанні, що вони найбільш повно засвоюються організмом людини будь-якого віку, і є висококалорійним продуктом.

2.4. ФІЗИКО-ХІМІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ШКАРАЛУПИ ЯЄЦЬ

Шкаралупа виконує в основному дві функції – захисну і метаболічну. Її тверда структура захищає вміст яйця і яйцеклітину від різних шкідливих чинників і, перш за все, механічних, хімічних і біологічних пошкоджень. Через пори шкаралупи відбувається газообмін між яйцеклітиною (а за запліднення її зародком) і зовнішнім середовищем. Шкаралупа яйця є твердою вапняною оболонкою. Густина шкаралупи 2,14–2,17 г/см³. У курячих яєць вона складається з води (1,5 %) та сухих речовин (98,5 %), у тому числі органічних: протеїнів – 3,3 %, ліпідів – сліди (0,03 %) та неорганічних речовин – 95,1 %. Білок шкаралупи є овоальбуміном. Він містить залишки цистину, проліну, аргініну, лізину, глутамінової та інших кислот.

Колір шкаралупи залежить від породи птиці. Яйця від яєчних порід курей у більшості білі, м'ясних – жовтого кольору, іноді з легким рожевим відтінком. Качині яйця частіше білого кольору, але деякі породи качок несуть зеленуваті яйця. Шкаралупа індичих яєць буває засіяна коричневими плямами. Товщина шкаралупи знаходиться у межах від 0,311 до 0,588 мм. Шкаралупа яйця тонша у тупому кінці і товща у гострому.

Шкаралупа тільки що знесеного курячого яйця напівпрозора, а за її висихання стає матовою. Іноді на шкаралупі утворюються численні білі плями, що обумовлено накопиченням протеїну, який активніше інших частин шкаралупи затримує вологу і тому краще пропускає світло. Наявність світлих плям на шкаралупі не пов'язано зі змінами якості яєць.

Поверхня буває гладкою і шорсткою, глянцевою та матовою. Глянцевість обумовлена відкладанням великої кількості органічних речовин, які утворюють надшкаралупову плівку – кутикулу. Вона легко змивається гарячою водою і руйнується за тертя. Деякі кури несуть яйця, що не мають кутикули. Кутикула шкаралупи має незначну кількість протеогліканів слизу. Кутикула тонким шаром покриває поверхню яйця, у тому числі і пори шкаралупи, яких у курячому яйці близько 7000. Пори розміщені на поверхні шкаралупи нерівномірно. Більше їх у тупому кінці яйця (150 шт/см²), де розташована повітряна камера (пуга), і менше на

гострому кінці (100 шт/см²), у середині кількість пор не перевищує 140 шт/см². Діаметр пор коливається від 4 до 40 мкм.

Товщина шкаралупи яйця не постійна і залежить від видових та індивідуальних особливостей, спадковості, годівлі птиці, пори року. Але у кожному випадку шкаралупа повинна бути достатньо міцною, щоб витримати масу дорослої птиці і достатньо пористою, щоб забезпечити дихання ембріону. Товщина шкаралупи яйця залежить від вмісту мінеральних речовин у кормах. Шкаралупа курячого яйця має товщину 0,34–0,40 мм. У структурі шкаралупи розрізняють два шари. Зовнішній шар губчастий, займає 2/3 всієї товщини. Внутрішній шар призматичний.

Якість шкаралупи визначають за такими показниками: міцність, товщина, мармуровість, інтенсивність забарвлення. Велике значення має міцність шкаралупи яєць у разі їх товарної оцінки. Встановлено, що міцність яєць залежить від кількості у шкаралупі мінеральних речовин, головним чином Кальцію і Марганцю, а також вмісту вітаміну С у кормах. Міцність визначають спеціальними приладами силою роздавлювання, стійкістю до прокола, пружною деформацією.

Товщину шкаралупи визначають мікрометром після розбивання яєць. Її також характеризує показник щільності, який визначають способом занурення яєць у соляні розчини різної концентрації (від 1,060–1,095). Товщина шкаралупи не завжди корелює з міцністю, тому що остання залежить ще й від її структури.

Поверхня шкаралупи містить переважно Кальцій, у вигляді карбонату кальцію (до 98%), решта мінеральних речовин представлена карбонатом магнію та трикальційфосфатом (табл. 11).

Таблиця 11. Мінеральний склад золи шкаралупи яєць різних видів сільськогосподарської птиці, %

Мінеральна речовина	Вміст у шкаралупі яєць, %		
	кури	качки	гуси
Карбонат кальцію	98,43	98,60	98,76
Карбонат магнію	0,84	0,88	0,49
Трикальційфосфат	0,73	0,52	0,75

Органічні речовини шкаралупи представлені білками (головним чином, альбумінами), ліпідами (фосфатидами, нейтральними жирами, гліколіпідами), вуглеводами (глікозамінгліканами),

пігментами, оопорфірином, ооціаном, зеленим пігментом. Оопорфірин – червонувато-коричневий пігмент, молекула якого складається з декількох пірольних ядер. Може окислюватися і перетворюватися у гематопорфірин. Ооціан – блакитно-зелений пігмент білірубінової природи, за хімічною будовою є метиловим ефіром білівердіну.

Одним із поширених дефектів шкаралупи яєць є мармуровість – просвітлені ділянки шкаралупи, які неозброєним оком не видно, проте їх можна побачити під час перегляду яєць на овоскопі. У разі простукування сильномармурові яйця відлунювали “скляним” звуком. Ступінь мармуровості оцінюють у балах: 1 – коли освітлена шкаралупа сягає 20 % загальної площі; 2 – від 20 до 40 %; 3 – 40–60 %; 4 – 60–80 %; 5 – 80–100 %. Мармуровість проявляється на 2–3-й день після знесення яйця. Вона не пов’язана з несучістю, масою яєць, але сприяє підвищенню крихкості й пошкодженості шкаралупи. Крім того, за високої мармуровості значно знижується товарний вигляд харчових яєць, зростає відсоток битих яєць. Встановлено, що серед сильномармурових яєць частка битих яєць у 3,3 рази більша, аніж серед слабomarмурових.

Під шкаралупою розміщено два листки підшкаралупових оболонок. Вони мають сполучнотканинне походження, зрощені між собою, а у тупому кінці яйця розходяться, утворюючи повітряну камеру – пугу. Однією із функцій підшкаралупових оболонок є створення бар’єру щодо проникнення патогенних мікроорганізмів. У складі оболонки є 8 % води і 92 % сухого залишку, у тому числі 4 % мінеральних речовин і 88 % органічних. Близько 28 % органічних речовин представлені білками. Зовнішня підшкаралупова оболонка переважно побудована з білка кератину, глікопротеїдів і протеогліканів. Кератин оболонки у 1,5–3 рази має більше Сульфуру, ніж білки яйця.

Кількість різних форм азоту у білках оболонки шкаралупи за відношенням до загального азоту така (у %): аміачного азоту – 3,51; гумінового азоту – 2,73; азоту діамінів і цистину – 20,91; азоту моноамінів – 72,85. Білки містять 9,2 % залишків глутамінової кислоти, 7,4 – аргініну і 6,3 % – цистину. В оболонках у середньому міститься до 0,2 мг Кальцію.

3. ОСНОВНІ ХІМІЧНІ КОМПОНЕНТИ ЯЙЦЯ

3.1. ВОДА ТА СУХИЙ ЗАЛИШОК ЯЙЦЯ

Вода – головна складова частина пташиного яйця. Її вміст у свіжих яйцях 65,6–74,0 % (табл. 12). Різні частини яйця містять неоднакову кількість води: шкаралупа і її оболонки – 0,2 % загальної води, білок – 75,9, жовток – 23,9 %. Тільки що знесене яйце має більше води, ніж яйце, що зберігається впродовж певного часу. Білок і жовток містять зв'язану воду, що не замерзає за низьких температур –20...–30 °С. У жовтку у середньому такої води є близько 15 %, у білку – 25 %.

Таблиця 12. Вміст води в яйці курей різних порід у різні місяці року

Порода	Вміст води у яйці, %					
	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень
Род-айленд	63,79	68,07	63,05	65,00	66,42	66,34
Мінорки	57,95	63,81	64,32	63,24	66,92	64,01
Віандот	–	65,43	62,12	64,36	67,05	63,78
Плімутрок	61,15	64,41	62,30	64,19	67,37	63,87
Російські білі	66,39	63,50	62,80	63,64	65,06	62,90
Куропатчасті	59,25	–	–	–	–	64,70
Леггорн	63,24	–	–	–	–	64,14
Орпінгтон	63,19	–	–	–	–	63,20
Лангшан	61,56	–	–	–	–	63,69
Барневельдер	60,53	–	–	–	–	65,13

Вода – дисперсійне середовище, де відбувається розвиток ембріону. Більшість речовин білка і жовтка утворює у воді колоїдний розчин складної структури, з вираженими ліофільними властивостями. Ліпіди яйця знаходяться у воді у вигляді емульсій. Вода забезпечує існування за оптимальних умов зберігання складної полідисперсної системи яйця. Вода – учасник багатьох реакцій обміну речовин під час розвитку ембріону, зокрема гідролізу. Для води характерна висока теплоємність. Це обумовлює стійкий температурний режим існуванні самого яйця і розвиток у ньому ембріону. Випаровування води через пори підшкаралупових

оболонки і шкаралупи запобігає перегріванню вмісту яйця, особливо при розвитку у ньому ембріону. Вона забезпечує під час зберігання і розвитку ембріону необхідну реакцію середовища.

Вміст води в яйці залежить від тривалості зберігання, виду і породи птиці, сезону знесення яйця, хімічного складу раціону та інших чинників.

Найбільше води міститься в яйцях, знесених у травні і червні. Яйця курей породи род-айленд містять більше води. Яйця гніздових птахів (курей, індичок, цесарок) мають більш високий вміст води, ніж яйця водоплавної птиці (качок і гусок). Зокрема, у жовтку яєць качок і гусей води більше, ніж у гніздових птахів.

3.2. БІЛКИ ЯЙЦЯ

3.2.1. Фізико-хімічна характеристика білків

Білки – важливі складові частини яєць різних видів птиці, їх кількість становить 11–15 %. Білки утворюють гідрофільний колоїдний розчин, що є складовою частиною полідисперсної системи яйця.

Білкам пашиного яйця притаманні всі властивості колоїдних розчинів, зокрема молекулярно-кінетичні, оптичні та електрокінетичні. *Молекулярно-кінетичні* властивості – повільний броунівський рух, дифузія, низький осмотичний тиск, мембранна рівновага Доннана, седиментація та ультрацентрифугування. *З оптичних* властивостей для розчинів білків характерні каламутність, розсіювання світла (явище Тиндаля-Фарадея), нефелометрія, адсорбція, опалесценція, ультрамікроскопія і електронна мікроскопія. Білки пташиного яйця проявляють *електрокінетичні* властивості, зокрема подвійний електричний заряд міцел, дзета-потенціал, здатність переходити в ізоелектричний стан (ІЕС), наявність ізоелектричної точки (ІЕТ), мають високу захисну властивість, здатність до електрофорезу.

Колоїдні розчини білків – нестійкі дисперсні системи, які можуть руйнуватися за впливу різних чинників (високих температур, реагентів, ультрафіолетового опромінювання тощо) та відділяти рідке дисперсійне середовище й щільний (компактний) осад. Осадження білків може бути *зворотним* (коли після усунення чинника відновлюється колоїдний стан білків) і *незворотним* (при

цьому глибоко руйнується колоїдний стан білків, який неможливо відновити). Зворотнє осадження білків здебільшого відбувається за дії розчинів нейтральних солей (сульфату амонію, хлоридів натрію чи амонію) і його називають *висолюванням*. При цьому у білкових міцелах руйнується гідратна оболонка, а після усунення шкідливих чинників (наприклад, промиванням) колоїдний стан відновлюється. Незворотнє осадження розчинів білків (*коагуляція*) настає за нагрівання, дії солей важких металів (Купруму, Плюмбуму), алкалоїдних реактивів (таніну, пікринової кислоти тощо), сильних мінеральних і органічних кислот тощо.

За коагуляції відбувається руйнування колоїдного стану білків, у них зникає можливість утворювати гідратні оболонки міцел і добре розчинятися у воді, незворотньо руйнується вища організація будови білкових молекул, настає кінцева стадія коагуляції – *денатурація* (рис. 5).

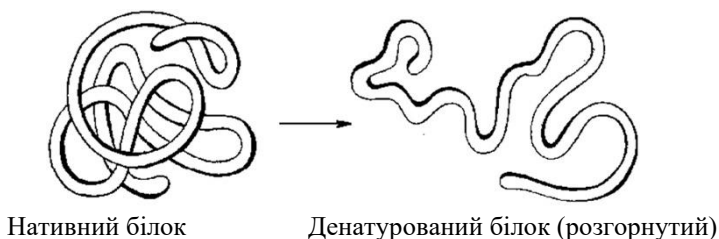


Рис. 5. Денатурація білка за дії різних чинників.

За коагуляції різко змінюються всі властивості білків, особливо їх гідрофільність. Білки яйця, як інші білки організму тварин та птиці, мають чотири рівні організації структури молекули (рис. 6).

Первинна структура – послідовне з'єднання амінокислот у поліпептидний ланцюг пептидними зв'язками ($-\text{CO}-\text{NH}-$). *Вторинна* структура – скручування поліпептидного ланцюга у спіраль. *Третинна* – закручування спіралі у кулю, *четвертинна* – об'єднання декількох куль в один конгломерат.

Білки – амфотерні електроліти, які містять велику кількість кислотних і основних груп. Кислотними групами є карбоксильні групи залишків моноамінодикарбонових амінокислот (аспарагінової й глутамінової кислот), фенольні гідроксикислоти (залишки тирозину) та сульфгідрильні групи (цистеїну і метіоніну). Основні властивості білків зумовлені, перш за все, наявністю в їх молекулах

залишків діаміномонокарбонних (аргініну, лізину, оксилізину, орнітину) і діамінодикарбонних (цистину) амінокислот, а також імінних угруповань (проліну та оксипроліну).

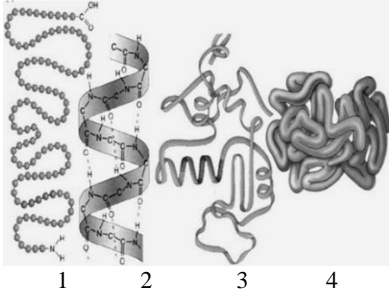
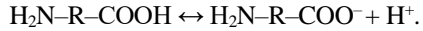
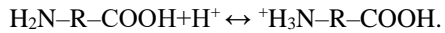


Рис. 6. Структура молекули білка: 1 – первинна; 2 – вторинна; 3 – третинна; 4 – четвертинна

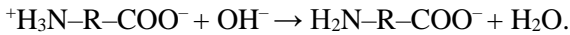
За дисоціації карбоксильних груп білок має властивості слабкої кислоти:



Іони Гідрогену можуть приєднуватися до аміногруп білкової молекули та надавати білку властивості слабкої основи:

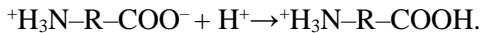


Наприклад, у разі втрати протону групи $-\text{NH}_3^+$ за дії гідроксиду натрію виникає натрієва сіль білка (протеїнат натрію):



Біполярний іон білка Аніон білка

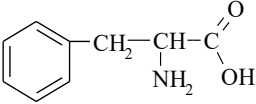
У кислих розчинах білкова молекула реагує як катіон:

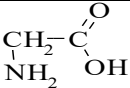
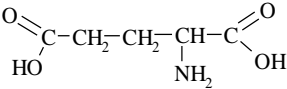
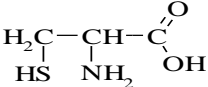
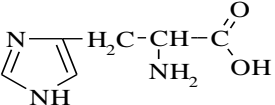
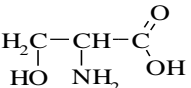
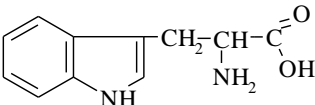
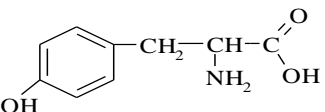
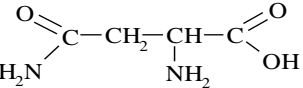
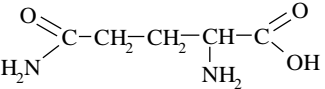
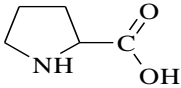


Біполярний іон білка Катіон білка

Розчинність є первинним показником оцінки функціональних властивостей білків і характеризується *коефіцієнтом розчинного азоту* (КРА) і *коефіцієнтом дисперсності білка* (КДБ). У першому випадку визначають кількість азоту, в другому – кількість білка, що перейшов в розчин (у відсотках від загального вмісту його у продукті). Розчинність найбільшою мірою залежить від присутності нековалентних взаємодій: гідрофобних, електростатичних і водневих зв'язків. До складу білків яйця входять 20 амінокислот, 2 імінокислоти та 2 аміді (табл. 13). За вмістом незамінних амінокислот білки яйця є повноцінними, тобто містять всі незамінні та замінні амінокислоти в оптимальних для засвоювання організмом людини і тварин співвідношеннях.

Таблиця 13. Амінокислоти, які входять до складу білків яйця

Амінокислота (скорочене позначення)	Формула	Молеку- лярна маса	Полярність/ заряд
Незамінні амінокислоти			
Валін (Вал)	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}-\text{C} \\ \quad \quad // \\ \text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \quad \text{O} \\ \quad \quad \quad \backslash \\ \quad \quad \quad \text{OH} \end{array}$	117,15	н.п / 0
Лейцин (Лей)	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{C} \\ \quad \quad \quad \quad // \\ \text{CH}_3 \quad \quad \quad \text{NH}_2 \quad \text{O} \\ \quad \quad \quad \quad \quad \backslash \\ \quad \quad \quad \quad \quad \text{OH} \end{array}$	131,17	н.п / 0
Ізолейцин (Іле)	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}-\text{C} \\ \quad \quad \quad \quad // \\ \text{CH}_3 \quad \quad \quad \text{NH}_2 \quad \text{O} \\ \quad \quad \quad \quad \quad \backslash \\ \quad \quad \quad \quad \quad \text{OH} \end{array}$	131,17	н.п / 0
Лізин (Ліз)	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-(\text{CH}_2)_3-\text{CH}-\text{C} \\ \quad \quad \quad \quad // \\ \text{NH}_2 \quad \quad \quad \text{NH}_2 \quad \text{O} \\ \quad \quad \quad \quad \quad \backslash \\ \quad \quad \quad \quad \quad \text{OH} \end{array}$	146,19	п / +
Метіонін (Мет)	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{CH}-\text{C} \\ \quad \quad // \\ \text{H}_3\text{C}-\text{S} \quad \text{NH}_2 \quad \text{O} \\ \quad \quad \quad \quad \quad \backslash \\ \quad \quad \quad \quad \quad \text{OH} \end{array}$	149,21	н.п / 0
Треонін (Тре)	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}-\text{C} \\ \quad \quad // \\ \text{OH} \quad \text{NH}_2 \quad \text{O} \\ \quad \quad \quad \quad \quad \backslash \\ \quad \quad \quad \quad \quad \text{OH} \end{array}$	119,10	н.п / 0
Фенілаланін (Фен)		165,19	н.п / 0
Замінні амінокислоти			
Аланін (Ала)	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{C} \\ \quad // \\ \text{NH}_2 \quad \text{O} \\ \quad \quad \quad \backslash \\ \quad \quad \quad \text{OH} \end{array}$	89,09	н.п / 0
Аргінін (Арг)	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{NH}-(\text{CH}_2)_3-\text{CH}-\text{C} \\ \quad \quad \quad \quad // \\ \text{NH} \quad \quad \quad \text{NH}_2 \quad \text{O} \\ \quad \quad \quad \quad \quad \backslash \\ \quad \quad \quad \quad \quad \text{OH} \end{array}$	174,20	п / +
Аспарагінова кислота (Асп)	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{HO}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{C} \\ \quad \quad \quad \quad // \\ \quad \quad \quad \text{NH}_2 \quad \text{O} \\ \quad \quad \quad \quad \quad \backslash \\ \quad \quad \quad \quad \quad \text{OH} \end{array}$	133,10	п / -

Гліцин (Глі)		75,07	н.п / 0
Глутамінова кислота (Глу)		147,13	п / -
Цистеїн (Цис)		121,12	п / -
Гістидин (Гіс)		155,16	п / +
Серин (Сер)		105,09	н.п / 0
Триптофан (Три)		204,23	н.п / 0
Тирозин (Тир)		181,19	н.п / 0
Аміди кислот			
Аспарагін (Асп)		132,12	п / -
Глутамін (Глн)		146,15	п / 0
Імінокислоти			
Пролін (Про)		115,13	

Серед незамінних амінокислот особливо важливі метіонін, лізин і триптофан. *Метіонін* регулює жировий обмін та запобігає ожирінню печінки. *Лізин* впливає на кровотворення, за нестачі якого зменшується кількість еритроцитів та вміст гемоглобіну. За дефіциту лізину порушується обмін азоту та мінералізація кісток,

спостерігається виснаження м'язів, виникають зміни у печінці та легенях. *Триптофан* необхідний для синтезу важливих сполук, зокрема нікотинової кислоти і серотоніну. Порушення його обміну є причиною розладів діяльності нервової системи та виникнення таких захворювань як туберкульоз, рак та діабет.

Вміст амінокислот можна визначити методом рідинної хроматографії (рис. 7).

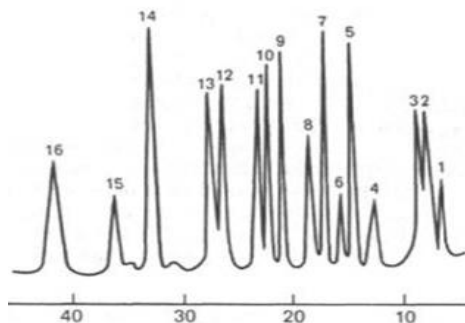


Рис. 7. Рідинна хроматографія амінокислот білків на колонці, наповненій іонообмінною смолою:

- 1 – Асп; 2 – Тре; 3 – Сер;
 4 – Глу; 5 – Глі; 6 – Ала;
 7 – Цис; 8 – Вал; 9 – Мет;
 10 – Іле; 11 – Лей; 12 – Тир;
 13 – Фен; 14 – Ліз; 15 – Гіс;
 16 – Арг.

3.2.2. Білки пташиного яйця

Різні частини яйця містять неоднакову кількість білкових сполук (табл. 14). Яйця різних видів птиці за хімічним складом суттєво не різняться та містять значну кількість повноцінних білків, збалансованих за амінокислотним складом.

Таблиця 14. Вміст білків у різних складових частинах курячого яйця

Складова частина яйця	Вміст	
	г	%
Жовток	3,10	44,3
Білок	3,50	50,0
Шкаралупа	0,15	2,1
Підшкаралупові оболонки	0,25	3,6
Всього:	7,00	100,0

Білки яйця представлені різними групами простих (протеїнів) і складних (протеїдів) білків. Їх у зоотехнії називають терміном “*сирий протеїн*”. Білки пташиного яйця існують у вільному і зв’язаному станах. Білки яєчного білка представлені вільними білками, жовтка – у вигляді біокомплексних сполук з ліпідами (табл. 15).

Таблиця 15. Основні білки курячого яйця, %

Білок	% від загальної кількості білка	Білок	% від загальної кількості білка
Овоальбумін	54	Овоглобулін G2	4
Овокональбумін	12	Овоглобулін G3	4
Овомукоїд	11	Флавопротеїн	0,8
Овомуцин	3,5	Овоглікопротеїн	1,0
Лізоцим (овоглобулін G1)	3,4	Овомакроглобулін	0,5

Білки пташиного яйця у жовтку представлені ововітєліном і оволівєтіном, білка – овоальбуміном, овоконалбуміном, овоглобуліном, овомуцином і овомукоїдом, шкаралупових оболонок – овокератином. Білки яйця відрізняються за амінокислотним складом (табл. 16).

Овоальбумін – головний компонент яєчного білка. За хімічною природою овоальбумін є глікофосфопротєїном, до складу якого входить до 2 % манози та 1,2 % глюкози. Він містить чотири тиольні (–SH) і одну дисульфідну (–S–S–) групи. У разі зберігання яєць з нативного білка (температура коагуляції 84,5 °C) формується більш термостабільний S-овоальбумін (температура коагуляції 92,5 °C). Вміст S-овоальбуміну збільшується від 5 % у свіжих яйцях до 81 % у яйцях, що зберігалися впродовж шести місяців на холоді. У розчиненому стані овоальбумін є нестійким до механічних впливів. За струшування він швидко денатурує і коагулює, це міжфазова коагуляція, яка відбувається через розкриття і агрегацію молекул білка. Овоальбумін є повноцінним білком, який у звареному стані засвоюється організмом людини на 97,6 %.

Овокональбумін – глікопротеїд, властивості якого подібні до властивостей овоальбуміну, проте він менш чутливий до механічних впливів і більш чутливий до зміни температури. Температура денатурації овокональбуміну становить 55–60 °C, ізоелектрична точка настає за pH 6,8.

Овомукоїд – білок яйця, що за хімічним складом є глікопротеїдом та містить низку вуглеводів: галактозу – 1,0–1,5 %; манозу – 4,3–4,7 %; глюкозу – 12,5–15,4 %. У лужному середовищі (pH 9,0) овомукоїд швидко денатурує за 80 °C, а у кислому

середовищі – проявляє високу стійкість до теплового впливу, проте у нативному стані чутливий до тепла.

Таблиця 16. Амінокислотний склад білків курячого яйця, г/100 г білка

Амінокислота	Вміст, г/100 г				
	Овоаль-бумін	Овокональ-бумін	Овоглобулін	Овомуцин	Овомукоїд
Аланін	7,3	7,3	8,3	6,3	0,9
Аргінін	5,2	5,2	5,1	5,5	5,7
Аспарагінова кислота	10,6	10,6	10,6	9,2	3,6
Цистеїн	0,4	0,4	0,4	0,4	1,1
Глутамінова кислота	14,2	14,2	12,3	21,3	14,4
Гліцин	4,4	4,4	4,3	3,7	0,7
Гістидин	2,1	2,1	2,2	2	1,7
Ізолейцин	5,8	5,8	5,7	5	1,6
Лейцин	9,7	9,7	9,5	8,2	2,8
Лізин	8,5	8,5	8,5	8,2	3,3
Метіонін	2,8	2,8	2,9	2,7	0,9
Фенілаланін	6,3	6,3	6,2	5,6	2
Пролін	3,6	3,6	3,6	2,9	1,2
Серин	5,7	5,7	5,6	5,5	2,5
Треонін	4,2	4,2	4,2	3,6	1,1
Триптофан	1,1	1,1	1,1	0,8	0,4
Валін	6,7	6,7	6,6	5,7	2,2
Тирозин	3,3	3,3	3,2	2,9	1,0

Овомуцин – білок яйця, що за хімічним складом є глікопротеїдом з вмістом вуглеводів близько 20 %. Структура овомуцину аналогічна структурі щільного білка. Вміст овомуцину в структурі щільного білка в 4 рази більший, ніж у рідкому. У розчині він проявляє високу термостійкість. У комплексі з лізоцимом у разі зберігання яєць сприяє розрідженню білка за рН 9,0. Активність лізоциму зменшується на 20 % через 45 днів зберігання за температури ± 2 °C у результаті утворення в розчині комплексу овомуцин-лізоцим.

Лізоцим (овоглобулін G1) є широко розповсюдженим білком і зустрічається не тільки в білках яйця, але й у багатьох тканинах тварин, молоці, ексудатах різних рослин і в деяких грибах. Лізоцим є ферментом яєчного білка, який проявляє бактерицидні

властивості і здатний розчиняти оболонки бактеріальних клітин. Інактивація ферменту залежить від температури та рН середовища. Під час теплової обробки за температури 63 °С впродовж 10 хв. лізоцим інактивується. Ізоелектрична точка лізоциму за рН 10,7. Цей білок є гарним піноутворювачем.

Авідин – білок глікопротеїдної природи, який міститься у білковій масі яєць птахів, виконує антибактеріальну роль. У білку курячого яйця авідин становить приблизно 0,05 % від загального білка (приблизно 1800 мкг на яйце). Його амінокислотна послідовність збігається з послідовністю лізоциму на 12 %. Авідин є тетрамерний білок (66–69 кДа), що містить чотири ідентичні субодиниці (гомотетрамер), кожна з яких може зв'язуватися з біотином (вітамін Н).

Овоглобулін зумовлює піноутворюючу здатність білка, *овомуцин* та *овомукоїд* забезпечують стабілізацію піни та її стійкість.

Цистатин курячого яйця є інгібітором і пригнічує ендопептидази цистеїну (фіцин, папаїн).

Кількість білків у жовтку є не такою великою (18 %), але жовток містить більш повноцінний білок. Температура денатурації білків жовтка становить 65 °С.

Білкові речовини у жовтку представлені переважно ліпопротеїдами, які містять 17–38 % зв'язаних ліпідів (табл. 17). Майже 70 % від загальної кількості білка припадає на ліповітеліни, із яких 24 % – на ліветин та 7 % – на фосвітин.

Ліповітелін є повноцінним білком, який містить найсприятливіше для людини співвідношення незамінних амінокислот, тому добре засвоюється організмом. Крім того ліповітелін має оптимальну кількість органічного Фосфору. Він представлений α - і β -ліповітелінами. Ліпідна частина цих білків складається з фосфоліпідів.

Фосвітин є білком, що містить значну кількість Фосфору та Феруму. Це повноцінний білок, який розчинний у розчинах солей помірної концентрації.

Ліветин – це білкова фракція з добре розчинними у воді повноцінними протеїнами, проте містить значно менше Фосфору в порівнянні з ліповітеліном.

Ліветин і фосвітин є ліпопротеїдами низької щільності, вміст ліпідів у яких складає 80–89 %. Приблизно 70–77 % ліпідної частини становлять нейтральні жири і 26 % – фосфоліпіди.

Таблиця 17. Амінокислотний склад білків жовтка та оболонки курячого яйця, г/100 г білка

Амінокислоти	Білки жовтка, г/100 г		Білки оболонки, г/100 г	
	Ововітелін	Оволіветин	Муцин	Кератин
Аланін	0,7	6,0	3,3	8,6
Аргінін	8,6	5,8	2,9	5
Аспарагінова кислота	1,0	3,0	9,6	10,8
Валін	2,1	9,8	1,9	3,2
Гістидин	1,9	1,4	2,5	2,2
Гліцин	0,8	–	6,8	23
Глутамінова кислота	12,4	6,8	17,5	18,2
Ізолейцин			1,7	2
Лейцин	10,0	10,6	2,8	3,7
Лізін	5,9	5,5	2,8	3,5
Метіонін	2,9	2,4	1,1	1
Пролін	3,3	2,2	23,7	15,9
Серин	0,5	–	13,4	7,6
Тирозин	5,1	5,1	1,3	0,6
Треонін	4,9	–	4,1	2,4
Триптофан	1,4	1,7	–	–
Фенілаланін	1,5	2,0	1,4	1,9
Цистин	1,2	3,2	0,7	0,2

Жовток містить значно менше ферментів у порівнянні з білком яйця. Ячний жовток, у випадку його вживання, стимулює секреторну діяльність шлунку і добре перетравлюється.

Ячні оболонки – білкова, підшкаралупова, жовткова складаються з неповноцінних білків – *муцину* та *кератину*.

Кератин відрізняється високим вмістом Сульфуру. *Овокератин* містить у 4 рази більше Сульфуру, ніж білок.

З усіх амінокислот найбільше значення для життєдіяльності птиці мають лізін і триптофан. За дефіциту лізину у кормах спостерігається зниження його вмісту в яйці, що негативно відбивається на рості і розвитку ембріону, а у постнатальному періоді онтогенезу – і на розвитку молодняку птиці. Гальмується

засвоєння органічного азоту кормів. Нестача у раціонах триптофану порушує в організмі ембріону і молодняка азотисту рівновагу, зменшує приріст маси розвиваючого організму і сприяє виникненню у птиці анемії. Для пташиних яєць характерний високий вміст незамінних амінокислот, які необхідні для розвитку ембріону та обумовлюють харчову та енергетичну цінність курячих яєць у харчуванні людини.

Крім зазначених вище білків, пташині яйця мають деяку кількість бактерицидного білка лізоциму. У складі жовтка є ферменти, які за хімічною природою є білками та беруть активну участь у метаболізмі структурних й енергетичних речовин, необхідних для розвитку ембріону.

3.2.3. Біосинтез білків пташиного яйця

Біосинтез білків пташиного яйця відбувається за загальною послідовністю, що характерна для всіх білків: ДНК → іРНК → рибосома → біосинтез білків у секреторному епітелії → посттрансляційна перебудова молекули білка (рис. 8).

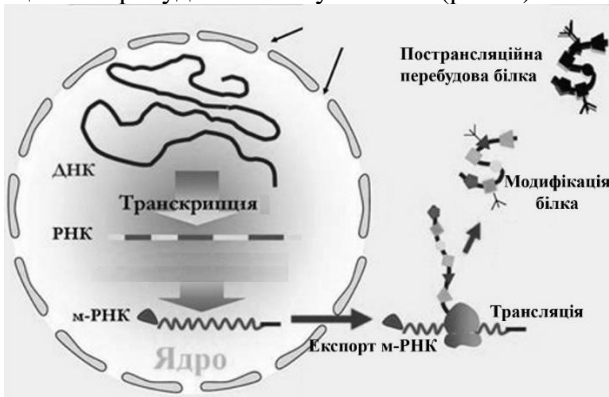


Рис. 8. Схема біосинтезу білка у клітині.

Біосинтез білків здійснюють спеціалізовані органоїди – рибосоми, які у клітинах знаходяться у вигляді скупчень гранулярної ендоплазматичної сітки. Кількість рибосом, що формують такі скупчення, різна – від 3 до 100 одиниць. Рибосоми об'єднуються у полісоми. Їх об'єднує своєрідна нитка, яку видно під електронним мікроскопом, – інформаційна РНК (іРНК). Кожна рибосома складається з двох субодиниць – великої і малої (рис. 9).

Абсолютна кількість білків яйця синтезується у білкових залозах яйцепроводу. До клітин білкових залоз та покривного епітелію слизової оболонки з током артеріальної крові через капілярну сітку надходять поживні речовини, які слугують основою для біосинтезу білків яйця. Поживні речовини через пори мембран капілярів шляхом дифузії, осмосу та за участі білкових переносників проникають у міжклітинну рідину, а з неї через пори мембран клітин у цитоплазму.

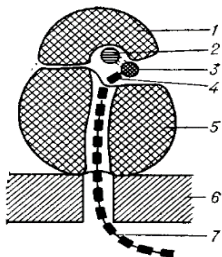


Рис. 9. Схема будови рибосоми, розміщеної на мембрані ендоплазматичної сітки: 1 – мала субодиниця; 2 – іРНК; 3 – аміноацил-тРНК; 4 – амінокислота; 5 – велика субодиниця; 6 – мембрана ендоплазматичної сітки; 7 – утворення поліпептидного ланцюга.

Певна кількість речовин, необхідних для біосинтезу білків, може утворюватися у самих клітинах з продуктів проміжного обміну – білків, вуглеводів, ліпідів, нуклеїнових кислот.

Біосинтез білків яйця здійснюється через ряд стадій, типових для всіх живих організмів (рис. 10). Інформація про амінокислотний склад білків закодована у молекулі ДНК.

Переписування та передача спадкової інформації включає три етапи: реплікацію, транскрипцію й трансляцію.

Під час *реплікації* з однієї материнської молекули ДНК утворюються дві дочірні шляхом їх біосинтезу за принципом комплементарності.

За *транскрипції* на молекулі ДНК синтезується інформаційна РНК (іРНК), в якій через переписування від ДНК інформації наявне певне розміщення нуклеотидів, що на наступному етапі обумовить біосинтез білка. Інформація про специфічну будову білка закодована у вигляді послідовно розміщених нуклеотидів у молекулі іРНК та переводиться з генетичного коду у певну послідовність амінокислотних залишків у молекулах синтезованих білків. Разом з іРНК синтезуються різні види транспортної (тРНК) і рибосомальної (рРНК) РНК.

Трансляція здійснюється складним макромолекулярним комплексом. У ньому задіяні рибосоми, іРНК, тРНК,

аміноацилсинтетази, білкові чинники початку (ініціації), нарощування (елонгації) і закінчення (термінації) поліпептидного ланцюга. Етап трансляції складається з ряду стадій.

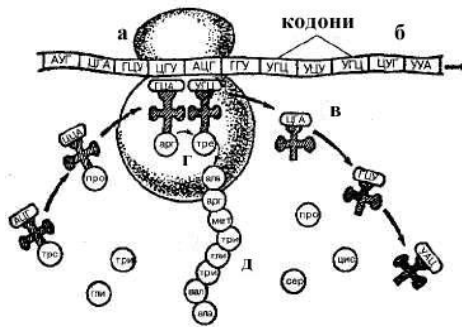


Рис. 10. Схема біосинтезу білка: а – рибосома; б – іРНК; в – тРНК; г – утворення пептидного зв'язку; д – подовження поліпептидного ланцюга.

Активация амінокислот. Кожна амінокислота, яка надійшла з міжклітинної рідини у результаті дифузії, осмосу або активного транспорту, взаємодіє зі своїм активуючим ферментом – аміноацилсинтетазою. Реакція активується катіонами Mg^{2+} , Mn^{2+} , Co^{2+} . Виникає комплекс – активована амінокислота-фермент.

Сполучення активованої амінокислоти з тРНК. Активовані амінокислоти за дії відповідних аміноацил-РНК-синтетаз переносяться на тРНК.

Транспортування комплексу активованої амінокислоти з тРНК до рибосом. Активована амінокислота за дії специфічних ферментів (їх, як амінокислот, є не менше 20) транспортується з цитоплазми на рибосоми, завдяки енергії ГТФ.

Зв'язування аміноацил-тРНК із комплексом іРНК-рибосома. Аміноацил-тРНК, підійшовши до рибосоми, взаємодіє з іРНК. Кожна тРНК має ділянку з трьох нуклеотидів, до якої приєднується своїми трьома нуклеотидами за принципом комплементарності. Ця ділянка називається *антикодоном*, їй в іРНК відповідає триплет – *кодон*. Це призводить до того, що на поверхні рибосоми у вигляді аміноацил-тРНК концентруються амінокислоти у послідовності, яка визначена кодонами іРНК.

Ініціація поліпептидного ланцюга. Після приєднання двох амінокислот антикодонами до кодонів іРНК у вигляді аміноацил-тРНК створюються умови для синтезу першого пептидного зв'язку. Реакція каталізується пептидсинтетазами, активується катіонами і чинниками ініціації білкової природи. Джерелом хімічної енергії для процесу є ГТФ, зв'язок виникає через СО-групи першої і NH₂-групи другої аміноацил-тРНК (рис. 11).

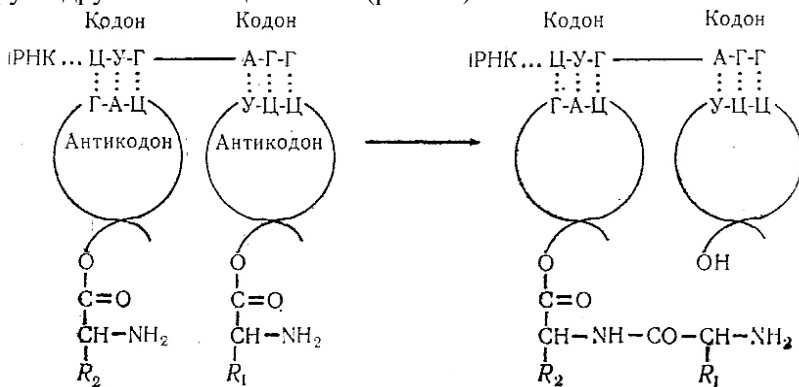


Рис. 11. Ініціація поліпептидного ланцюга.

Елонгація поліпептидного ланцюга. Ініціація формування поліпептидного ланцюга починається з N-кінця – у дипептиді зберігаються аміногрупи першої амінокислоти. Перша тРНК, з якою була принесена до комплексу іРНК-рибосома амінокислота, відщеплюється і повертається у гіалоплазму за черговою амінокислотою. Дипептид, зв'язаний з другою тРНК, взаємодіє з третьою аміноацил-тРНК. Утворюється трипептид, після чого друга тРНК “зіскакує” із рибосоми у гіалоплазму за черговою амінокислотою і т.д. Поліпептидний ланцюг подовжується (елонгується) у ході послідовного приєднання нових амінокислотних залишків. Рибосома поступово рухається по іРНК, перетворюючи закодовану в останній інформацію в чітко організований поліпептидний ланцюг. Створюється первинна структура білкової молекули.

Термінація поліпептидного ланцюга. Рибосома, на поверхні якої синтезується поліпептидний ланцюг, досягає кінця молекули іРНК і “зіскакує” з нього. До протилежного кінця молекули іРНК за місцем першої рибосоми приєднується нова рибосома, здійснюючи

біосинтез чергової молекули поліпептиду. Синтезований поліпептидний ланцюг відходить від полісоми в гіалоплазму.

У гіалоплазмі з поліпептидних ланцюгів утворюються відповідні прості і складні (в останньому випадку до поліпептидного ланцюга приєднуються відповідні простетичні групи) білки з характерною для них структурною організацією молекул. Надалі для деяких білків проходить посттрансляційна перебудова молекул.

Початкові етапи є типовими матричними процесами, що характерні для біосинтезу білків усіх живих організмів. Вища структурна організація будови білка (вторинна, третинна і четвертинна структури) формується після виходу молекули із секреторного епітелію. Нативна структура білка підтримується різними типами зв'язків (рис. 12).

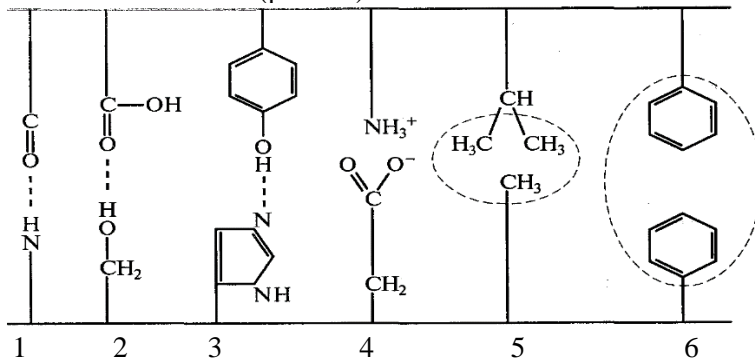
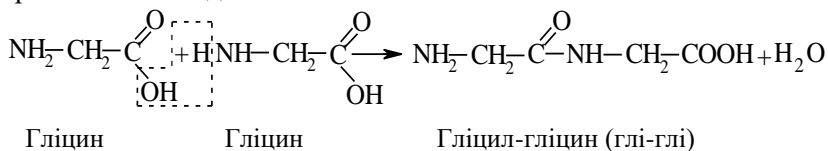


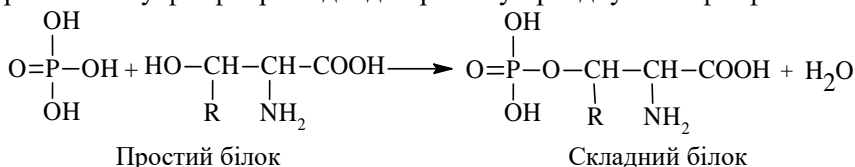
Рис. 12. Види зв'язків у молекулі білків: Водневі: 1 – між пептидними групами; 2 – між карбоксильною групою (аспарагінова і глутамінова кислоти) і спиртовим гідроксилом(серин); 3 – між фенольним гідроксилом і імідозолом. Електростативною взаємодією: 4 – між основою і кислотою (аміногрупою лізину і карбоксильною групою аспарагінової та глутамінової амінокислот). Гідрофобні: 5 – за участі лейцину, ізолейцину, валіну, аланіну; 6 – за участі феніланіну.

За трансляції у клітині секреторного епітелію з кровоносних капілярів, надходять амінокислоти та інші сполуки, що необхідні для синтезу білків. Амінокислоти за дії ферментних систем та енергії АТФ активуються й перетворюються в аденілати, які надалі взаємодіють із відповідними тРНК (за впливу аміноцил-тРНК-синтез), що сприяє утворенню комплексу активованих

амінокислот із тРНК. Надалі останні транспортуються до рибосом (полісом) секреторних клітин, де за дії ферментів пептидсинтеаз утворюються пептиди:



У гіалоплазмі секреторних клітин із поліпептидних ланцюгів формуються прості та складні білки. За утворення складних білків до молекули простого білка приєднується простетична група. У разі синтезу фосфопротеїдів до протеїну приєднується фосфат:



Надалі формуються гранули білкових молекул, які каналцями комплексу Гольджі надходять до апікального краю секреторної клітини і через канали поверхневої мембрани виділяються в альвеолярну порожнину, де поступово формується кінцева структура молекул.

3.3. ЛІПІДИ ЯЙЦЯ

3.3.1. Фізико-хімічна характеристика ліпідів

Ліпіди – це група органічних сполук, що хімічним складом є похідними жирних кислот, спиртів, альдегідів, побудованих за допомогою етерного, естерного, фосфоетерного та глікозидного зв'язків, спільними властивостями яких є нерозчинність у воді та здатність розчинятися в органічних розчинниках.

Ліпіди у складі пташиного яйця є вільні, зв'язані та міцно зв'язані. Вільні ліпіди екстрагуються неполярними розчинниками (гексаном, діетиловим етером). Зв'язані ліпіди екстрагуються системами розчинників, що містять спирт (суміш хлороформу і метанолу в об'ємному співвідношенні 2:1). Міцно зв'язані ліпіди отримують з обробленого лугами і кислотами субстрату, який залишився після виділення зв'язаних ліпідів.

У складі яйця є прості і складні ліпіди. *Прості ліпіди* – двокомпонентні, складаються із залишків спирту та карбонової кислоти, а *складні* – трьох- і більшкомпонентні (рис. 13).

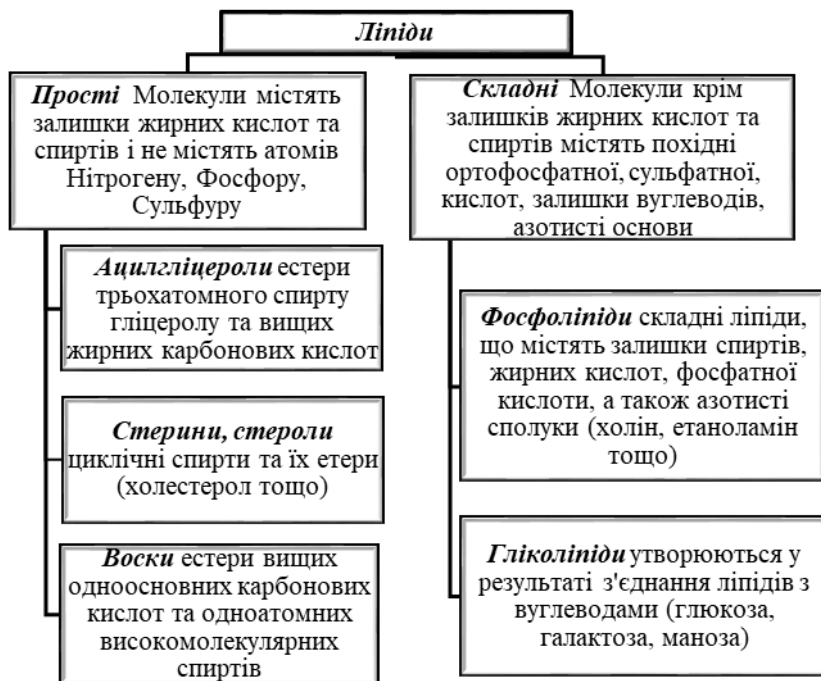


Рис. 13. Класифікація ліпідів.

Близько 99 % ліпідів міститься у жовтку, 1 % – у білку, підшкаралупових оболонках шкаралупі та її кутикулі. 2/3 ліпідів представлені нейтральним жиром, 1/3 – іншими ліпідами. Ліпіди складають 1/3 маси жовтка (табл. 18).

Таблиця 18. Склад ліпідів жовтка курячого яйця

Фракції ліпідів	Вміст у жовтку яєць	
	г	%
Жири	3,8	62,3
Фосфоліпіди	2,0	32,8
Стероли	0,3	4,9
Цереброзиди	Сліди	–
Всього	6,1	100,0

У курячому яйці у середньому є 6,2 г ліпідів, з них – 6,1 г знаходиться у жовтку. Близько 66 % жирних кислот ліпідів яйця представлені залишками ненасичених жирних кислот (олеїнової, лінолевої, ліноленової тощо) 34 % – насичених (стеаринової, пальмітинової, миристинової тощо). Існує закономірність – чим більший розмір яйця, тим менше в його складі нейтрального жиру.

Якість жирів характеризується фізичними і хімічними константами. До *фізичних констант* належать: густина, температури плавлення і застигання, коефіцієнт рефракції (для рідких жирів). *Хімічними константами* жирів є число омилення, Рейхарда-Мейсля, йодне, кислотне тощо (табл. 19).

Таблиця 19. **Фізичні та хімічні константи жирів курячого яйця**

Константа	Показник
Густина, г/см ³	0,9144
Йодне число	64–82
Температура застигання °С	22–25
Число омилення	184–198
Кислотне число	0,3–0,5
Число Рейхарда-Мейсля	0,40–0,66

Число омилення показує кількість мг гідроксиду калію (KOH), яку потрібно затратити на нейтралізацію жирних кислот, що утворились за омилення 1 г жиру.

Кислотне число – це кількість мг гідроксиду калію (KOH), яка необхідна для нейтралізації вільних жирних кислот, що містяться у 1 г жиру.

Число Рейхарда-Мейсля показує кількість 0,1 н. розчину гідроксиду натрію (NaOH), яка необхідна для нейтралізації летких жирних кислот (масляної, капронової, каприлової), що утворились за гідролізу 5 г жиру та відігналися з водяною парою.

Йодне число характеризує наявність у складі жиру ненасичених жирних кислот (у вигляді кислотних залишків у молекулах жиру) і визначається кількістю грамів йоду, що приєднує 100 г жиру.

Пероксидне число виражають кількістю Йоду у %, яка прореагувала за певних умов з наявними в жирі пероксидною чи гідропероксидною групою.

3.3.2. Основні ліпіди яйця птиці

Вміст ліпідів у яйцях різних видів домашньої птиці може відрізнятися в залежності від раціону птиці, виду, породи та інших чинників. Курячі яйця містять у середньому 11 %, гусячі – 17, індичі – 14, перепелині – 7, страусині – 23 % ліпідів.

Найбільш цінним і поживним у курячому яйці вважається жовток. Ліпіди у жовтку знаходяться у вигляді тонкої емульсії, частинки якої досягають розміру 50 мкм. Вони непрозорі, мають білий колір з жовтуватим відтінком і напіврідку консистенцію.

Ліпіди пташиного яйця містять різні фракції (табл. 20).

Таблиця 20. Середній вміст ліпідів у жовтку яєць

Фракції ліпідів	Вміст, %
Жири	65–75
Фосфоліпіди	20–30
Стероли	1–3
Гліколіпіди та інші фракції	до 1

Високий вміст *нейтральних жирів* у складі жовтка значною мірою визначає його енергетичну цінність. Зокрема, 100 г качиноного яєчного жовтка має енергетичну цінність 846 кДж, гусячого – 724, курячого – 662–678 кДж. Дрібні яйця мають більшу енергетичну цінність, ніж великі.

Жир жовтка суміш тригліцеролів, утворених гліцеролом і молекулами різних високомолекулярних насичених і ненасичених жирних кислот. Яєчний жовток є важливим джерелом поліненасичених жирних кислот. Низька температура плавлення (23–30 °С) і емульгований стан сприяє високій засвоюваності яєчного жиру, що становить біля 96 %.

У складі ліпідів переважають ненасичені жирні кислоти: олеїнова, лінолева, арахідонова та інші (табл. 21), які вважаються незамінними жирними кислотами, що необхідні для розвиваючого ембріону та забезпечують високу харчову цінність яєць. Насичені кислоти (пальмітинова, стеаринова, міристинова тощо) складають близько 34 % всіх жирних кислот та входять до складу жиру курячого жовтка. Відношення ненасичених жирних кислот до насичених, що входить у вигляді кислотних залишків у складі їх молекул, складає 7:3. Це і обумовлює низьку температуру

плавлення жирів жовтка і високу засвоюваність організмом тварин і людини.

Таблиця 21. Склад жирних кислот жовтків курячих яєць, %

Умове позначення (код)	Найменування жирної кислоти	Масова частка, %	Формула
Насичені кислоти			
C14:0	Міристинова	0,2–0,6	C ₁₃ H ₂₇ COOH
C15:0	Пентадеканова	0,0–0,2	C ₁₄ H ₂₉ COOH
C16:0	Пальмітинова	19,8–29,1	C ₁₅ H ₃₁ COOH
C17:0	Маргарінова	0,1–0,3	C ₁₆ H ₃₃ COOH
C18:0	Стеаринова	5,3–16,3	C ₁₇ H ₃₅ COOH
C20:0	Арахінова	0,01–0,2	C ₁₉ H ₃₉ COOH
Мононенасичені кислоти			
C14:1	Міристолеїнова	0,02–0,2	C ₁₃ H ₂₅ COOH
C16:1	Пальмітолеїнова	0,1–0,4	C ₁₅ H ₂₉ COOH
C17:1	Гептадецена	0,1–0,3	C ₁₆ H ₃₁ COOH
C18:1ω9	Олеїнова	23,1–45,7	C ₁₇ H ₃₃ COOH
C20:1ω9	Гондоїнова	0,1–0,5	C ₁₉ H ₃₇ COOH
Поліненасичені кислоти, ω3 та ω6			
C18:2ω6	Лінолева	8,7–27,8	C ₁₇ H ₃₁ COOH
C18:3ω6	Гама-ліноленова	0,07–0,4	C ₁₇ H ₂₉ COOH
C18:3ω3	Альфа-ліноленова	0,06–8,4	C ₁₇ H ₂₉ COOH
C20:2ω6	Ейкозадієнова	0,1–0,2	C ₁₉ H ₃₅ COOH
C20:3n6	Ейкозатрієнова	0,1–2,5	C ₁₉ H ₃₃ COOH
C20:4ω6	Арахідонова	0,4–5,2	C ₁₉ H ₃₁ COOH
C20:5ω3	Ейкозапентаєнова	0,0–0,9	C ₁₉ H ₂₉ COOH
C22:5ω3	Докозапентаєнова	0,0–0,5	C ₂₁ H ₃₃ COOH
C22:6ω3	Докозагексаєнова	0,5–5,5	C ₂₁ H ₃₁ COOH

Згідно даних літератури жирнокислотний склад курячих яєць може варіювати у певних межах та все одно залишається достатньо стабільним.

Важливим показником біологічної цінності жиру є співвідношення окремих жирних кислот. Оцінку харчових жирів проводять шляхом їх порівняння із гіпотетичним ідеальним жиром. Вимогою ідеального жиру є відношення жирних кислот, які належать до сімейства омега-6 і омега-3. Таке співвідношення є 4:1.

Курячі яйця містять велику кількість омега-3 та омега-6 жирних кислот. *Омега-3* та *омега-6* ненасичені жирні кислоти належать до

сімейства ненасичених жирних кислот, що мають подвійний вуглець-вуглецевий зв'язок який знаходиться в кінці третього та шостого атома Карбону відповідно. Співвідношення ω -6/ ω -3 поліненасичених жирних кислот у раціоні здорової людини повинно становити приблизно 10:1 Ненасичені омега-6 жирні кислоти не синтезуються в організмі людини. Так, лінолева кислота входить до складу клітинних мембран, бере участь у обміні речовин, синтезі простагландинів і арахідонової кислоти, потрібна для росту і регенерації клітин. За її відсутності у організмі спостерігається припинення росту, некротичні ураження шкіри, зміна проникності капілярів. У разі надлишку – виникає атеросклероз та проявляється канцерогенна дія.

Омега-3 жирні кислоти відносяться до незамінних, оскільки в організмі людини вони майже не синтезуються і надходять з їжею.

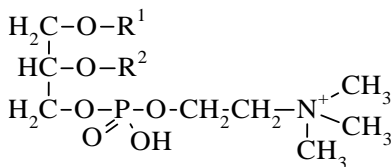
1/3 ліпідів складають фосфатиди, холестерол і його естери, діольні ліпіди, гліколіпіди (гангліозиди і цереброзиди) та воски. Енергетична цінність жовтка досягає 1600 кДж/100 г.

Фосфатиди складають майже 30 % всіх ліпідів жовтка. У складі жовтка виявлено чотири фракції фосфатидів: оволецитин, овокефалін, овосфінгомелін і овокуарин, які містять у складі молекул Фосфор і Нітроген. У молекулах оволецитину та овокефаліну відношення Нітрогену до Фосфору становить 1:1, овосфінгомеліну – 2:1. Крім цього, фосфатиди відрізняються між собою будовою молекул, азотистими основами і залишками вищих жирних кислот (табл. 22).

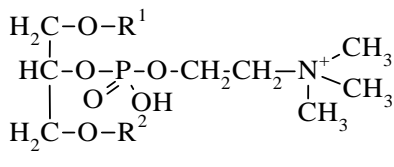
Оволецитин складає у середньому 1,6 г жовтка курячого яйця, що становить 8,6 % всіх ліпідів та близько 69 % фосфатидів жовтка курячого яйця, 75 – яйця качки, 54 – яйця перепела, 82 % – яйця павича. Оволецитин має своєрідний запах, існує у вільному стані (утворює у жовтку емульсію, розміри частинок якої від 1 до 50 мкм) та у вигляді комплексних сполук з білками. На повітрі поступово темніє. Оволецитин складається з 87 амінокислотних залишків та має молекулярну масу близько 10 кДа. Він проявляє антимікробну дію та діє як імуномодулюючий агент.

Молекула оволецитину являє собою естер, в утворенні якого беруть участь гліцерол, вищі жирні кислоти (одна насичена, друга ненасичена), ортофосфатна кислота та азотиста основа холін. У залежності від атома Карбону гліцеролу, де розміщується залишок

холіну, розрізняють два оволецитини: α - і β -оволецитин. Оволецитини жовтка на 75 % представлені β -оволецитином і на 25 % α -оволецитином.



α -оволецитин



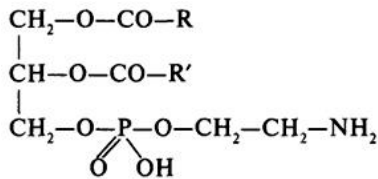
β -оволецитин

Таблиця 22. Хімічний склад фосфатидів жовтка курячого яйця, %

Фосфатид	Складові частини фосфатиду	Назва складових частин молекули фосфатиду	Вміст, %
Оволецитин	Жирні кислоти	Олеїнова	43
		Пальмітинова	32
		Клупанодонова	13
		Ліноленова	8
		Стеаринова	4
		Арахідонова	Сліди
		Гліцерофосфатна кислота	Гліцерол Фосфатна кислота
Овокефалін	Нітратна основа	Холін	
	Жирні кислоти	Стеаринова	69,2
		Арахідонова	
	Гліцерофосфатна кислота	Гліцерол Фосфатна кислота	11,3 12,0
Нітратна основа	Коламін	7,5	
Овосфінгомелін	Жирні кислоти	Лігноцерінова	
		Церебронова	43,0
	Фосфатна кислота	Стеаринова	23,0
		Фосфатна кислота	
Нітратна кислота	Холін	34,0	
Овокуарин	Спирт	Сфінгозин	
	Хімічний склад вивчений недостатньо		

Лецитини – складові компоненти клітинних мембран. Вони попереджують ожиріння печінки, є добрими емульгаторами жиру, беруть участь у регуляції низки реакцій обміну речовин. Лецитин має велике значення в живленні мозку та нервової тканини. Тому яйця – це важливий продукт харчування для людей розумової праці. Щоденне споживання одного яйця майже повністю задовольняє потреби організму в лецитині. Лецитин також є чинником росту, бере участь у засвоюванні жиру та розчиненні холестеролу. Лецитин має велику емульсійну здібність і в якості емульгатора яєчні товари використовують у виробництві маргарину, майонезу, кондитерських виробів, морозива тощо.

Овокефалін у середньому становить близько 0,4 г жовтка, що складає близько 25 % всіх фосфоліпідів. Молекули овокефеліну утворена з молекул гліцеролу, ВЖК (частіше стеаринової і арахідонової кислот), фосфатної кислоти та аміноспирту коламіну:



Овокефалін

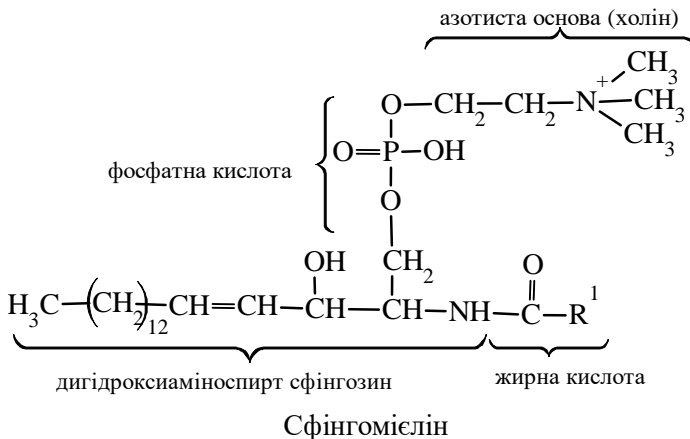
За своїми фізико-хімічними властивостями овокефалін близький до оволецитину. На відміну від останнього може розчинятися в етанолі.

До складу цих фосфатидів яйця входить арахідонова кислота, яка в інших жирах тваринного походження, за винятком вершкового масла, відсутня.

Овосфінгомелін складає близько 2–3 % всіх фосфатидів жовтка. Овосфінгомеліни – білі кристалічні речовини, розчинні у воді (утворюють колоїдний розчин), можуть розчинятися у суміші хлороформу і метанолу. Використовуються розвиваючим зародком в основному для структурних потреб – побудови клітинних мембран, особливо нервової тканини.

У молекулі овосфінгомеліну азотиста основа складає близько 34 % загальної маси, жирна кислота – 43, сфінгозин і фосфатна

кислота – 23 %. За залишками ВЖК (стеаринової, лігноцеринової і церебронової кислот) розрізняють три види сфінгомелінів жовтка.



Овокуарин – фосфопротеїд, який міститься у білку яєць деяких видів птахів. У його структурі міститься 56 амінокислотних залишків. Овокуарин відносно стійкий до термічної обробки, тому зберігає свої властивості у разі готування продуктів із яєць.

Основна властивість овокуарину полягає в його здатності інгібувати трипсин-протеазу, яка розщеплює білки на пептидні ланцюги. Це дає змогу зберігати цілісність білків в яйці і запобігати їх розкладанню під час розвитку зародка.

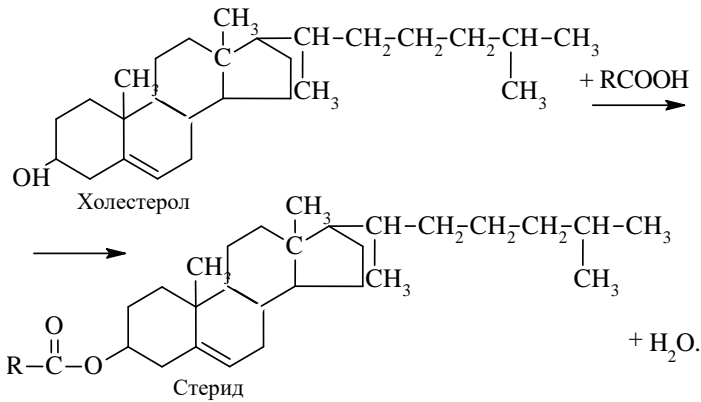
Овокуарин застосовують у біотехнології для інгібування трипсину і запобігання його впливу на білки під час виробництва препаратів на основі білків. Крім того, овокуарин може мати корисні властивості для людського здоров'я, так як інгібування трипсину може допомогти запобігти запаленню та захворюванням шлунково-кишкового тракту.

Хімічний склад фосфоліпідів, які є структурними компонентами клітинних мембран, відіграє провідну роль у їх функціонуванні та перебігу різноманітних процесів у клітинах. Зокрема, насичені жирні кислоти є основним енергетичним субстратом для кардіоміоцитів. Завдяки здатності підвищувати ненасиченість ланцюгів фосфоліпідів, знижувати мікрров'язкість клітинних мембран ненасичені жирні кислоти виступають

важливим чинником регулювання проникності мембран та функціонування мембранозв'язаних протеїнів. Крім того, певні ненасичені жирні кислоти є попередниками фізіологічно активних речовин – різних класів ейкозаноїдів. Модифікація ліпідного складу впливає на інтенсивність обмінних процесів і є тим компенсаторним механізмом, що забезпечує функціональні можливості мембран.

Стерини і стериди входять до фракції ліпідів, яка не омилюється. Вони виконують структурну функцію, входять до складу мембран м'язових волокон і клітин строми. Із стеринів яйця важливе значення має *холестерол*. Чистий холестерол – перлинчасті пластинки, жирні на дотик. Холестерол нерозчинний у воді, малорозчинний в органічних розчинниках, температура плавлення його становить 149 °С.

Циклічний спирт циклопентанпергідрофенантрен є основою холестеролу. Утворення молекул стеридів:



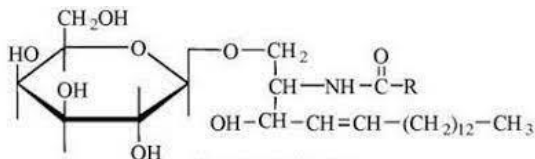
Холестерол утримує певну кількість води, з білками утворює комплексні сполуки. Проте холестерол є різний: його поділяють на ліпопротеїди високої щільності (ЛВЩ) та ліпопротеїди низької щільності (ЛНЩ). Розвитку атеросклеротичних бляшок сприяють ЛНЩ, а ЛВЩ усувають склеротинізацію.

Холестерол і стериди складають близько 5 % загальної маси ліпідів жовтка. Частина цих ліпідів знаходиться у вигляді емульсій, частина – у складі колоїдного розчину жовтка. Жовток качиних яєць має дещо більше холестеролу і стеридів, ніж жовток курячих.

Близько 84 % холестеролу знаходиться у вільному стані, 16 % – у вигляді стеридів. Жовток від інших структур тваринного організму виділяється високим вмістом холестеролу. 0,3 г холестеролу, що є у жовтку курячого яйця, складає приблизно 1/6 частину холестеролу, що утворюється за добу в організмі дорослої людини. Така висока кількість холестеролу у жовтку обумовлена його великим значенням для створення тіла розвиваючого ембріону, де він виконує ряд життєвих функцій: є структурним фрагментом клітинних мембран, з нього організм пташеняти синтезує вітамін D (під впливом УФ-опроміювання), іде на утворення молекул жовчних кислот і статевих гормонів. Вміст холестеролу у жовтку різних видів сільськогосподарської птиці відносно стабільний і мало залежить від її виду. У темному жовтку є більше холестеролу, ніж у світлому і ядрах Пандера. Вважається, що холестерол жовтка має подвійне походження: частина його надходить до складу жовтка з кормів під час утворення яйця через кровоносну систему самки, частина – утворюється у ході біосинтезу жовтка.

Гліколіпіди – тверді речовини, не розчинні у воді, проте розчинні в органічних розчинниках. Гліколіпіди є одними з основних складових мембран, мають важливі функції, такі як регулювання транспорту речовин у клітинах, захист від зовнішніх чинників та підтримання клітинних взаємодій. У пташиному яйці містяться різні класи гліколіпідів, зокрема, гангліозиди, цереброзиди та глікосфінголіпіди.

Цереброзиди, які використовуються для утворення клітин мозку ембріона, побудовані із залишків сфінгозину, жирних кислот та галактози. У складі жовтка пташиного яйця є незначна кількість гліколіпідів – цереброзидів і гангліозидів.



Галактоцереброзид

З цереброзидів жовтка виділено два представники – *овофренозин* (цереброн) і *овокеразин*.

Гангліозиди містять сфінгозинову основу (13 %), залишки галактози (40 %), нейрамінову кислоту (21 %), гексозаміни (25 %), глюкозу та стеаринову кислоту. Вони мають різні функції, зокрема, взаємодіють з рецепторами, розміщеними на клітинах, знешкоджують отрути, виконують різноманітні сигнальні функції, а також відіграють важливу роль у розвитку нервової та зорової систем ембріона.

Головною формою гліколіпідів у складі тваринних тканин та яйця зокрема є *цераміди*. *Цераміди* містять *церамід*, до складу якого входить спирт сфінгозин і залишок жирної кислоти, а також один або декілька залишків моносахариду.

3.3.3. Біосинтез ліпідів

Біосинтез нейтральних жирів пташиного яйця, як і інших жирів відбувається у три стадії: утворення жирних кислот, гліцеролу, біосинтез тригліцеролів. Жирні кислоти із крові надходять у вигляді ліпопротеїдів, хіломікронів і вільних жирних кислот. α - і β -ліпопротеїди за впливу ліпопротеїдліпази (вона розщеплює також і хіломікрони) гідролізуються до білків і ліпідів. α -Ліпопротеїди переносять фосфати, β -ліпопротеїди – стерини, стериди, частково нейтральні жири.

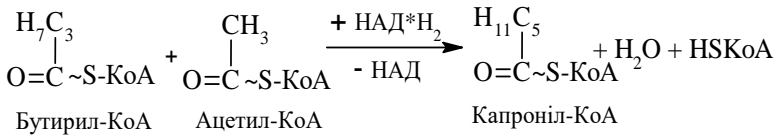
У складі жирів пташиного яйця є жирні кислоти з різними за довжиною карбонового ланцюга. Жирні кислоти корму без особливих змін використовуються для синтезу жиру яйця.

Між жирнокислотним складом кормів і жиром яйця існує кореляційний зв'язок. Жирні кислоти у секреторному епітелії можуть збільшувати або зменшувати довжину карбонового радикалу, зазнавати гідрогенізації та дегідрогенізації.

Довголанцюгові жирні кислоти здатні “вкорочуватися” за допомогою реакцій β -окиснення, які призводять до утворення коротшої жирної кислоти та ацетил-КоА. Низькомолекулярні жирні кислоти можуть безпосередньо включатися у біосинтез жиру або використовуватися для побудови вищих жирних кислот.

Структурним блоком синтезу жирів є ацетил-КоА, що утворюється за аеробного розпаду вуглеводів та β -окиснення карбонових кислот. Синтез жирних кислот проходить за мітохондріальним та немітохондріальним типами та потребує високих концентрацій ацетил-КоА, НАД, НАДФ.

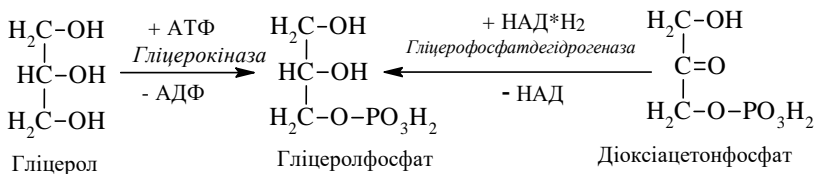
Мітохондріальний тип біосинтезу відбувається за подовження молекул вже існуючих активованих залишків жирних кислот через ацетил-КоА та НАД·Н+ за впливу відповідних синтетаз:



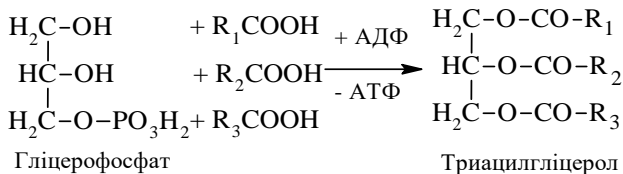
Немітохондріальний тип біосинтезу жирних кислот відбувається у гіалоплазмі клітин за участі вітаміну Н (біотину), НАДФ·Н₂, АТФ, СО₂ та іонів Магнію.

Синтез вищих жирних кислот може проходити з ацетил-КоА до утворення відповідної кислоти, зокрема пальмітинової (8 молекул ацетил-КоА) і стеаринової (9 молекул ацетил-КоА). За цією схемою утворюються жирні кислоти із парним числом атомів Карбону, з яких складається значна частина жиру яйця.

Другий компонент, з якого будується молекула жиру – гліцерол, частина якого надходить з током крові у секреторні клітини як кінцевий продукт гідролізу нейтральних жирів. Гліцерол утворюється як проміжний продукт (діоксіацетонфосфат) у анаеробній фазі розщеплення вуглеводів:



У клітинах секреторного епітелію з однієї молекули гліцеролфосфату і трьох молекул активованих кислот утворюється молекула жиру. Реакція протікає поступово, з утворенням проміжних продуктів, за впливу відповідних синтетаз:



Біосинтез інших ліпідів яйця відбувається за аналогічною схемою із попереднім синтезом відповідних компонентів. Так стерини і стериди утворюються через ряд проміжних продуктів з ацетил-КоА. Сквален утворюється у разі концентрації ацетильних залишків, ланостерин синтезується у разі циклізації. Деметилування ланостерину сприяє утворенню холестеролу, за етерифікації холестеролу виникають стериди.

3.4. ВУГЛЕВОДИ ЯЙЦЯ

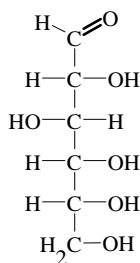
Вуглеводи яйця знаходяться у вільному і зв'язаному станах (табл. 23). Молекули оовітеліну у своєму складі містять 2 % вуглеводів, оовіветину – 4 %. Жовток містить невелику кількість глікогену (курячого яйця – близько 5 мг).

У складі пташиних яєць є певна кількість вуглеводів – 0,7–1,2 % до загальної маси (в курячому яйці у середньому 0,5 г). Близько 75 % вуглеводів зосереджено у білку яйця.

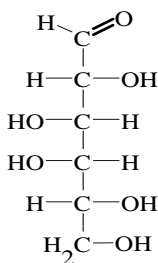
Таблиця 23. Вміст вуглеводів у складі курячого яйця, %

Вуглеводи	Вміст, %	
	Жовток	Білок
Вільні вуглеводи (глюкоза)	0,7	0,4
У складі складних вуглеводів (маноза, галактоза)	0,3	0,5

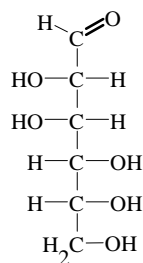
Білок курячого яйця у середньому містить 400–490 мг вуглеводів на 100 г маси, жовток – 272–277, білок і жовток гусячого яйця відповідно 263–446 мг і 110–1 339 мг.



Глюкоза



Галактоза



Маноза

Вуглеводи жовтка представлені моносахаридами і полісахаридами. У перерахунку на глюкозу у складі жовтка є

близько 0,21 % моносахаридів. Жовток курячого яйця містить 13,27–15,32 мкмоль моносахаридів на 100 г загальної маси.

У складі яйця вуглеводи знаходяться у вільному стані та у вигляді сполук з іншими речовинами, більше всього з білками (глюкопротеїди) і ліпідами (фосфатиди, цереброзиди).

Овофренозин (також відомий як інозин) – це нуклеозид, який міститься у яєчному білку. Він складається з пуринової основи інозину та цукру рибози. Овофренозин не має відомих токсичних властивостей і не викликає алергічних реакцій. Його споживання є безпечним для людей. Він бере участь у обміні речовин та зміцнює імунну систему. Овофренозин може бути використаний як харчова добавка для покращення смаку та аромату.

Овокеразин – це білковий матеріал, який знаходиться в шкаралупі яєць птиці. Він складається переважно з кератину, який є одним з основних компонентів волосся та нігтів людини.

3.5. МІНЕРАЛЬНІ РЕЧОВИНИ ЯЙЦЯ ТА ЇХ ФІЗІОЛОГІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ

У складі пташиного яйця виявлено понад 50 мінеральних елементів, зокрема: Ca, P, Mg, Na, K, Cl, S, Fe, Cu, Mn, Zn, Al, Si, I, Br, Mo, Cd, Pb, Co, F, Cr, Ba, Hg, Sr, Li, Cs, Sn, Se, Ni, As, Ag, Ti, V та інші. Їх поділяють на макро- і мікроелементи. Вміст *макроелементів* становить від одного відсотка до 0,01 %, *мікроелементів* – від 0,01 до 0,0000001 % і менше. Макроелементи – це Ca, P, Mg, Na, K, Cl, S. Інші хімічні елементи вважаються мікроелементами.

У яйцях різних видів сільськогосподарської птиці у середньому міститься 0,8–1,2 % мінеральних речовин від загальної маси. Вони знаходяться у вільному стані (іони, солі, кислоти, основи) і входять до складу біокомплексних сполук. Близько 94 % всіх мінеральних речовин зосереджено у шкаралупі, 6 % – рівномірно розподілені між білком і жовтком (табл. 24).

Вміст мінеральних речовин у яйці залежить від багатьох чинників – породи, лінії, сезону року, складу раціону, зони мешкання, світлового режиму, тощо. Так в яйцях курей породи плімутрок міститься у середньому 1,8 % мінеральних речовин; віандот – 1,6; російської білої – 1,6; мінорок – 1,5 %. На вмісті мінеральних речовин в яйці суттєво впливає сезон року.

Таблиця 24. Середній вміст окремих елементів у пташиному яйці

Елемент	Вміст, мг/100 г		
	Білок	Жовток	Шкаралупа
Алюміній	0,02	0,08	1,7
Арсен	–	–	0,05
Барій	–	–	2,2
Бром	0,05	0,06	0,3
Ферум	0,7	2,7	8,8
Йод	1,4	20	–
Кадмій	0,001	0,003	–
Калій	134	138	90
Кальцій	10	50	200
Кобальт	0,005	0,013	0,013
Кремній	2	10	1400
Літій	–	–	0,003
Магній	12	4	13
Марганець	0,04	0,036	0,06
Купрум	0,05	0,08	0,09
Молибден	0,3	1,2	–
Натрій	140	160	90
Нікель	0,009	0,024	0,009
Олово	–	–	0,003
Ртуть	–	–	0,01
Свинець	–	–	0,05
Селен	0,025	0,034	0,014
Сульфур	40	124	36
Аргентум	0,0008	0,002	0,001
Стронцій	–	–	0,35
Фосфор	235	472	1825
Фтор	–	–	9
Хлор	147	163	2100
Хром	–	–	0,02
Цезій	–	–	0,003
Цинк	0,08	0,44	0,05

Основними макроелементами пташиного яйця є Кальцій, Фосфор, Магній, Калій, Натрій, Хлор та Сульфур. Ці елементи в основному містяться у шкаралупі та шкаралупових оболонках у вигляді неорганічних солей, основними з яких є карбонат кальцію, карбонат магнію та трикальційфосфат.

Кальцій пташиного яйця використовується для формування кісток, бере участь у регуляції проникності ендотелію судин та процесах згортання крові. Він знижує збудливість нервової системи, зменшує здатність колоїдів зв'язувати воду, регулює діяльність низки ферментів. За нестачі Кальцію у яйці у курчат спостерігається ламкість та викривлення кісток, рахіт та судоми.

Фосфор входить до складу кісток, компонент нуклеїнових кислот, фосфопротеїдів та макроергічних фосфатів, бере участь у метаболічних реакціях, зокрема гліколізу, глікогенолізу і окисного фосфорилування. У разі порушення співвідношення Са/Р виникає рахіт, остеомаліція та фіброзний остит.

Калій бере участь у регуляції скорочення серцевого м'язу, у передачі нервового імпульсу, є частиною натрій-калієвого насоса, активує діяльність багатьох ферментів, входить до складу буферних систем крові і тканин, підтримує гідратацію іонів та колоїдних частинок.

Натрій є складовою частиною буферних систем, разом з Калієм підтримує кислотно-лужну рівновагу, осмотичний тиск та бере участь у передачі нервових імпульсів.

Хлор необхідний для утворення шлункового соку, до складу якого входить хлоридна кислота. Окрім того бере участь у підтримці осмотичного тиску, є активатором деяких ферментів.

Сульфур – складова частина сульфопропротеїдів, сульфатидів, коензиму А, глутатіону, глікозамінгліканів, окремих вітамінів та жовчних кислот. Сульфур бере участь у біосинтезі сульфурвмісних білків пір'я, гормонів, хондроїтинсульфатної та таурохолевої кислот. У вигляді сульфатної кислоти використовується клітинами печінки для нейтралізації токсичних продуктів у вигляді парних сполук – фенолсульфатної кислоти, тваринного індикану.

Курячі яйця – джерело різноманітних мікроелементів, необхідних для здоров'я росту та розвитку пташеняти. Вміст мікроелементів у складових частинах яйця різний. Жовток містить більшу кількість мінералів порівняно з білком та шкаралупою. Це пов'язано з тим, що жовток є джерелом багатьох поживних речовин для ембріона, який розвивається всередині яйця. Ячний білок містить відносно меншу кількість цих мікроелементів.

Мікроелементи є важливими для розвитку і здоров'я птиці, а їх вміст у яєчному жовтку та білку може впливати на розвиток

пташенят. Основні мікроелементи, які містяться у пташиному яйці, включають Ферум, Цинк, Купрум, Манган, Селен та Йод.

Жовток містить найбільшу кількість мікроелементів, які важливі для численних функцій організму.

Ферум – компонент багатьох білків, необхідний мікроелемент для кровотворення та біологічного окиснення. Необхідний для синтезу гемоглобіну, феритину, міоглобіну, каталази та інших сполук. Близько 90 % концентрується у червоному кістковому мозку. Нестача Феруму призводить до анемії, яка спричиняє зменшення виробництва яєць та зниження імунітету.

Цинк – складова частина металоензимів, зокрема пептидаз, дегідрогеназ, трансфорилаз, карбоангідрази, фосфатаз, уреаз. Є активатором та інгібітором низки ферментів. З наявністю Цинку в організмі пов'язані процеси клітинного дихання, росту і розвитку, обмін білків, ліпідів, нуклеїнових кислот, вуглеводів, імунітет, гемопоєз, енергетичний обмін. За його нестачі виникають нефрити, гепатити, артрити. Необхідний для росту та розвитку птахів, а також для здоров'я шкіри та оперення, сприяє яйценосності.

Купрум – мікроелемент, який входить до складу багатьох білків печінки, червоного кісткового мозку, пігментів та металоензимів. Бере участь у біосинтезі гемоглобіну, еластину та низки ферментів. Іони Cu^{2+} проявляють окисні властивості, здатні перетворювати сульфгідрильні групи на дисульфідні, що важливо у разі синтезу білків у тканинах ембріонів. Купрум підсилює використання тканинами вітамінів А і К, активує інсулін та гальмує дію адреналіну, стимулює діяльність гіпофізу.

Манган активізує процеси росту, кровотворення, біосинтез білків, нуклеїнових кислот, антитіл, є складовою частиною окремих металоензимів, активатором фосфатаз, стимулює дію гормонів передньої частки гіпофіза, активує реакції гліколізу та тканинного дихання. За нестачі Мангану у яйці послаблюються процеси росту, скостеніння, у птиць розвивається деформація кісток ніг і крил. Впливає на фертильність та виробництво яєць.

Селен – мікроелемент, який проявляє антиоксидантну дію, допомагає птиці у боротьбі зі стресом та захищає тканини від окиснювальних пошкоджень. Бере участь у окисному фосфорилюванні, чинить радіозахисну дію, сприяє імунобіологічній реактивності, активізує діяльність щитоподібної залози тощо.

Нестача Селену в організмі курчат викликає ексудативний діатез та некротичну дегенерацію печінки.

Йод – необхідний мікроелемент для нормального функціонування щитоподібної залози, яка контролює рівень гормонів у тілі птиці. Нестача Йоду може призвести до погіршення росту та розвитку птиці, оскільки при цьому затухає основний обмін, окисне фосфорилювання, пригнічується біосинтез білків, знижується продуктивність.

Отже, макро- та мікроелементи, які містяться у пташиному яйці, є важливими для забезпечення росту та розвитку пташеняти, а також у подальшому його здоров'я.

3.6. ВІТАМІНИ ЯЙЦЯ ТА ЇХ ФІЗІОЛОГІЧНА РОЛЬ

Вітаміни – група низькомолекулярних органічних речовин різної хімічної природи, необхідних для існування організму тварин і людини у мізерних кількостях порівняно з головними продуктами харчування. Відсутність вітамінів у організмі (*авітаміноз*) призводить до виникнення комплексу патологічних порушень обміну речовин і навіть до загибелі, нестача їх у кормах і в організмі – до *гіповітамінозу*. За гіпо- та авітамінозів порушується обмін речовин, сповільнюються процеси росту і розвитку, знижується продуктивність та стійкість організму до інфекційних та інвазійних хвороб.

Відомо понад 40 різних вітамінів і вітаміноподібних речовин. Їх поділяють на жиро-, водорозчинні вітаміни та вітаміноподібні сполуки. У пташиному яйці містяться всі відомі вітаміни і провітаміни, у кількостях, оптимальних для нормального функціонування ембріону.

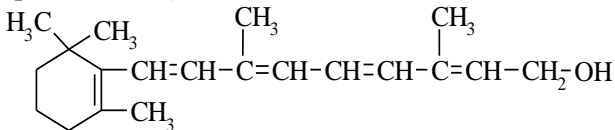
Жиророзчинні вітаміни об'єднують вітаміни А, D, Е, К, F і Q. Вони не розчиняються у воді, розчинні в органічних розчинниках, термостабільні, стійкі до зміни рН середовища, здатні депонуватися у тканинах тваринного організму, найчастіше виконують пластичні функції, беруть участь у формуванні структури біомембран клітин і тканин.

Пташине яйце – важливе харчове джерело вітамінів (табл. 25). Добову потребу у вітаміні А може задовольнити дорослу людину одне з'їдене свіже куряче яйце на 13–16 %, у вітаміні D – на 10–40 %, у вітаміні B₂ – на 8–10 %, у вітаміні B₁₂ – на 50–100 %.

Таблиця 25. Вміст вітамінів у 100 г маси пташиного яйця

Вітамін	Вміст вітамінів у 100 г яйця						
	кури	качки	гуси	цесарки	індики	перепели	страуси
A, МО	540	472	1440	1400	2600	147	204
D, МО	87	97	87	120	128	0	0
E, мг	0,5	1,0	1,0	1,5	2,0	1,0	2,1
K, мкг	0,3	1,9	0,6	1,1	3,8	0,5	0,7
B ₁ , мг	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,03	0,24
B ₂ , мг	0,25	0,44	0,48	0,44	0,29	0,15	0,58
B ₃ , мг	0,04	0,16	0,28	0,54	0,75	0,26	1,2
B ₅ , мг	0,40	1,25	1,50	1,00	1,20	0,34	1,30
B ₆ , мг	0,06	0,13	0,16	0,20	0,10	0,08	0,28
PP, мг	2,25	2,98	4,67	5,22	6,80	0,98	3,3
H, мкг	1,5	10	14	7,7	10	1,0	8,5
B ₁₂ , мкг	0,89	2,0	2,8	1,3	1,8	0,45	4,3
Вс, мкг	47	35	32	44	60		

У яйці містить *вітамін А* (ретинол, вітамін росту або антиксерофтальмічний):

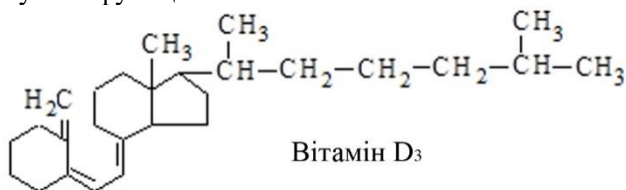
Вітамін А₁

Вітамін А є жиророзчинним вітаміном, який відіграє важливу роль у багатьох фізіологічних процесах. У яйцях птиці вітамін А міститься переважно в жовтку. Кількість вітаміну А в яєчному жовтку може змінюватися в залежності від раціону несучки.

Під час ембріонального розвитку птиці вітамін А важливий для росту та диференціації багатьох тканин і органів, включаючи очі, дихальну та травну системи, а також імунну систему. Крім значення в ембріональному розвитку, вітамін А також важливий для росту та розвитку птиці після вилуплення. Він бере участь у підтримці здорової шкіри та пір'я, стимулює ріст і розвиток м'язів, а також підтримує імунну функцію.

Яйця птиці містять каротиноїди, які є провітамінами вітаміну А. Зимові яйця бідніші вітаміном А, ніж літні. У давно знесених яйцях кількість вітаміну А зменшується до 75 %.

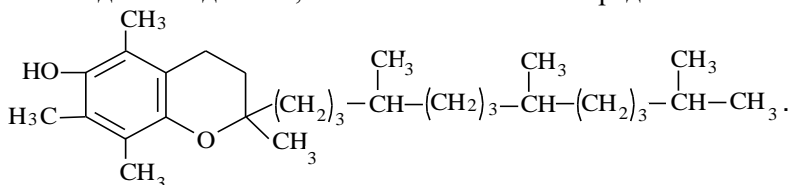
Вітамін D (кальцифероли) – група сполук, які проявляють антирахітичні властивості, забезпечують в організмі повноцінне скостеніння. Яйця птиці є джерелом вітаміну D, який відіграє вирішальну роль у метаболізмі Кальцію та Фосфору, зростанні кісток та імунній функції.



У яйцях птиці вітамін D міститься переважно в жовтку. Під час ембріонального розвитку вітамін D важливий для регуляції засвоєння і обміну Кальцію і Фосфору. Він сприяє формуванню та мінералізації кісток та відіграє важливу роль у розвитку та функціонуванні імунної системи. Дефіцит вітаміну D в яйцях може призвести до деформацій скелета, таких як викривлення ніг або слабкість кісток, що може негативно вплинути на здоров'я та розвиток птиці. У постембріональний період сприяє репродуктивній діяльності. Кількість вітаміну D в яйцях зменшується за нестачі сонячного світла. Забезпечення птиці доступу до сонячного світла або годівля з високим вмістом вітаміну D може сприяти здоровому розвитку ембріона та покращити їх загальний стан здоров'я.

Яйця старих курей більш багаті вітаміном A і D, ніж молодих.

Вітамін E (антистерильний вітамін, токофероли) захищає клітини від пошкодження, викликаного вільними радикалами.

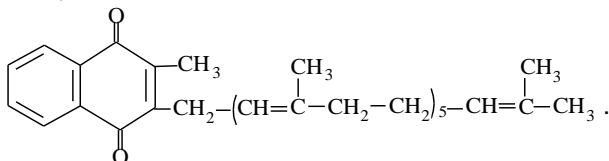


Вітамін E необхідний для правильного росту та диференціювання клітин, а також відіграє вирішальну роль у розвитку нервової системи, м'язів і органів ембріона, що розвивається. Достатній рівень вітаміну E необхідний для

правильного формування нервової трубки, яка з часом розвивається в головний і спинний мозок. Під час інкубації ембріон покладається на жовток і білок для отримання поживних речовин, у тому числі вітаміну Е. Дефіцит вітаміну Е може призвести до поганої виводимості пташенят, зниження інтенсивності росту та ослаблення імунної системи вилуплених курчат.

Свійська птиця, в раціоні якої високий вміст вітаміну Е може мати багатші на вітамін Е яйця. Крім того вітамін Е позитивно впливає на яйценосність.

Вітамін К (антигеморагічний) відіграє важливу роль у згортанні крові та здоров'ї кісток. Він міститься в невеликих кількостях в яйцях птиці і необхідний для правильного розвитку ембріона в яйці.

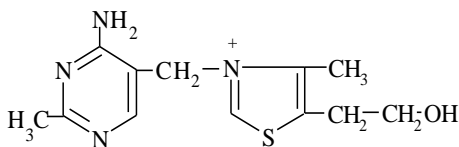


Вітамін К₂

Під час ембріонального розвитку вітамін К необхідний для синтезу протромбіну, білка, необхідного для згортання крові. Без достатнього вмісту вітаміну К у ембріона можуть спостерігатися крововиливи. Вітамін К також важливий для здоров'я кісток, оскільки він сприяє їх формуванню та мінералізації.

Водорозчинні вітаміни пташиного яйця представлені вітамінами групи В, Н, С і Р та вітаміноподібними сполуками. Значна їх частина входять до складу ферментів як коферменти і простетичні групи, беруть безпосередню участь у всіх метаболічних процесах.

Вітамін В₁ (тіамін, аневрин) – попереджує захворювання хворобою “бері-бері” та поліневритами.

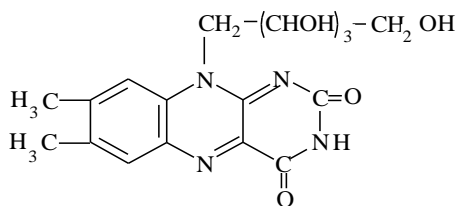


Вітамін В₁

Під час ембріонального розвитку тіамін необхідний для правильного розвитку нервової системи, включаючи головний і спинний мозок. Він також бере участь у метаболізмі вуглеводів, що забезпечує енергією ембріон, що розвивається.

Нестача вітаміну В₁ у інкубаційному яйці може призвести до ембріональних аномалій, таких як дефекти нервової трубки та зниження швидкості росту. У важких випадках дефіцит тіаміну може призвести до неврологічних розладів (судоми, паралічі).

Вітамін В₂ (рибофлавін, лактофлавін) – складова частина окисно-відновних флавінових ферментів (ФАД) та може знаходитися у вільному стані.

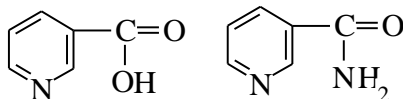


Вітамін В₂

Вітамін В₂ запобігає захворюванню птиці дерматитами, кератитами, анемією, зменшенням приростів тощо. Вітамін В₂ відіграє важливу роль в енергетичному обміні, рості та розвитку організму.

Під час ембріонального розвитку рибофлавін необхідний для правильного росту та розвитку нервової системи та інших органів. Обмін рибофлавіну тісно пов'язаний із метаболізмом вуглеводів, білків, нуклеїнових кислот і жирів, з процесами окисного фосфорилування, що забезпечує енергію ембріон, який розвивається. Нестача вітаміну В₂ в інкубаційному яйці може призвести до ембріональних аномалій, включаючи зниження інтенсивності росту, аномальну пігментацію та деформації скелета.

Вітамін PP (В₃, антипеларгічний, нікотинава кислота, нікотинамід).

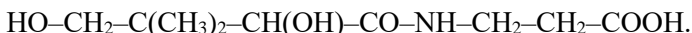


Нікотинава кислота

Амід нікотинавої кислоти

Вітамін В₃ є компонентом низки дихальних ферментів, здійснюючих біологічне окиснення, входить до складу НАД і НАДФ. Вітамін В₃ бере участь у метаболізмі енергетичних субстратів, що забезпечує ембріон енергією. За нестачі вітаміну В₃ у птиці уповільнюється оперення, уражаються суглоби, знижується несучість, настає масова загибель, особливо молодняку.

Вітамін В₅ (пантотенова кислота) захищає організм від захворювання специфічним дерматитом:



Вітамін В₅

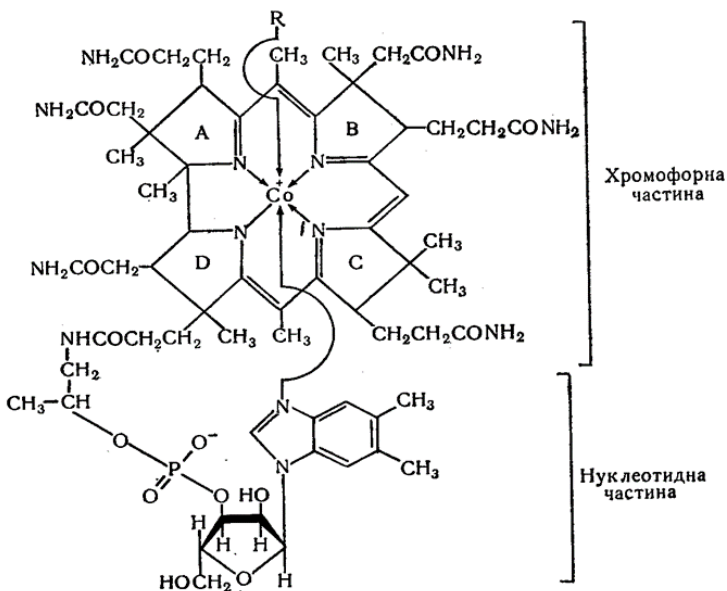
Вітамін В₅ відіграє важливу роль в енергетичному обміні, оскільки входить до складу коензиму А, бере участь у відновленні ДНК. Під час ембріонального розвитку ніацин необхідний для правильного росту та розвитку нервової системи, шкіри та травної системи. Пантотенова кислота бере участь у метаболізмі вуглеводів, білків і ліпідів, що забезпечує енергію розвиток ембріону.

Вітамін В₆ об'єднує три сполуки – піридоксол, піридоксаль та піридоксамін:



Вітамін В₆ у вигляді коферментів (фосфатів) входить до складу низки ферментів, які беруть участь в обміні амінокислот, зокрема у реакціях дезамінування, переамінування, декарбоксілування. Під час ембріонального розвитку пташенят вітамін В₆ необхідний для правильного росту та розвитку нервової, імунної та серцево-судинної систем. Він відіграє важливу роль у функціонуванні мозку та процесах еритропоезу.

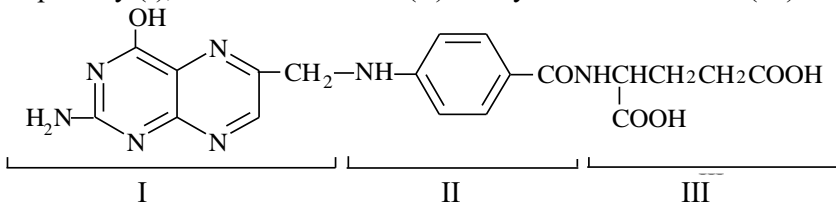
Вітамін В₁₂ (ціанкокобаламін) запобігає злоякісній анемії. Вітамін В₁₂ відіграє важливу роль у синтезі ДНК, утворенні еритроцитів і функції нервової системи.



Ціанокобаламін

Ціанокобаламін також бере участь у метаболізмі енергетичних субстратів, що забезпечує енергією ембріон, що розвивається. За нестачі вітаміну в раціоні маточного поголів'я суттєво знижується виводимість яєць, а пташенята відстають у рості.

Вітамін B_c (фолієва кислота) – фактор росту для мікроорганізмів. Молекула вітаміну утворена залишками птеридину (I), *n*-амінобензойної (II) та глутамінової кислот (III):

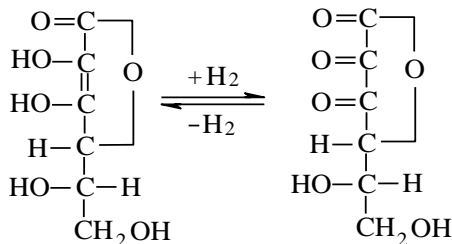


Вітамін B_c

За нестачі в кормах фолієвої кислоти у молодняку птиці припиняється ріст, розвиток, знижується рівень продуктивності, розвивається лейкопенія, гіпохромна анемія, порушується ріст пір'я, настає парез ніг і параліч ший. Вітамін B_c відіграє

вирішальну роль у синтезі ДНК, утворенні еритроцитів і метаболізмі амінокислот.

Вітамін С (аскорбінова кислота, антицинговий вітамін) – бере участь у багатьох реакціях обміну, є донором та акцептором протонів і електронів:



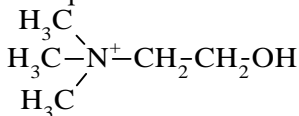
L-аскорбінова кислота D-дегідроаскорбінова кислота

Вітамін С відіграє вирішальну роль у багатьох фізіологічних процесах, включаючи синтез колагену, антиоксидантний захист і функцію імунної системи. На відміну від людей і деяких інших тварин, птахи можуть синтезувати вітамін С ендogenousним шляхом. Незважаючи на те, що вітамін С не вважається критичним компонентом годівлі птиці, проте він важливий для розвитку ембріонів, може покращити виводимість, зменшити ембріональну смертність у деяких видів птахів, підвищує несучість самок.

Потреби у вітаміні С можуть відрізнятися залежно від виду птиці, віку та чинників навколишнього середовища.

Вітамін Н (біотин) – водорозчинний вітамін, який відіграє важливу роль у метаболізмі жирів, вуглеводів та амінокислот, що забезпечує енергією ембріон, який розвивається. Під час ембріонального розвитку біотин необхідний для розвитку нервової системи, шкіри та пір'я. За дефіциту біотину в інкубаційному яйці спостерігаються ембріональні аномалії, включаючи зниження виводимості, погане оперення пташенят та порушення їх росту.

Холін – речовина, яку відносять до вітаміноподібних сполук, за відсутності якої виникає ожиріння печінки.



Холін

Холін попереджає надлишкове відкладання нейтральних жирів та сприяє синтезу фосфатидів. За нестачі у кормах розвиваються парези і паралічі, падає рівень продуктивності, зменшується синтез протромбіну, у птиці розвивається перозис, деформуються кістки, особливо плюсна, знижується несучість.

3.7. ФЕРМЕНТИ ЯЙЦЯ

Яйце – це складний продукт, який містить низку компонентів, включаючи ферменти.

Ферменти (ензими) – це біологічні каталізатори білкової природи, молекулярна маса яких може бути від 10 тис. до 10 млн. Ферментам притаманні низка властивостей: оптимум дії температури та рН, висока каталітична активність, специфічність, зворотність дії, вплив активаторів та інгібіторів.

За типом реакцій, які ензими каталізують, їх поділяють на шість класів: 1 – оксидоредуктази (каталізують окисно-відновні реакції); 2 – трансферази (реакції перенесення груп від донора до акцептора); 3 – гідролази (реакції розщеплення за участю води); 4 – ліази (реакції негідролітичного розщеплення); 5 – ізомерази (реакції внутрішньомолекулярної перебудови); 6 – синтетази (реакції синтезу). У яйці птиці містяться ферменти всіх шести класів.

За температури 60–80 °С ферментативний білок денатурує, що спричинює його інактивацію. Окремі ферменти здатні відновлювати активність після теплової денатурації, проходить повторне скручування (*реактивація*) поліпептидного ланцюга ензиму.

Пташині яйця містять різноманітні ферменти, які відіграють важливу роль у розвитку ембріона та використанні поживних речовин. Основні ферменти, які містяться у пташиному яйці, включають наступні.

Лізоцим – це фермент, який міститься в білку яєць. Він розщеплює певні глікозидні зв'язки, які містяться у клітинній стінці бактерій, допомагає захистити ембріон, що розвивається, від бактеріальних інфекцій. Ізоелектрична точка лізоциму за рН 10,7. Під час теплового оброблення за температури 63 °С протягом 10 хв лізоцим інактивується. У комплексі з овомуцином під час зберігання яєць сприяє розрідженню білка за рН білка 9,0. Лізоцим використовують як консервант продуктів харчування.

Овальбумін – це найбільш поширений білок у білку яєць, який проявляє ензиматичну активність. Він відповідає за формування піни при взбиванні яєць та забезпечує емульгування жирів під час приготування їжі.

Карбоангідраза сприяє підтримці кислотно-лужного балансу білка яєць, регулює рН і баланс рідини.

Протеази – це група ферментів, які гідролізують білки до пептидів та амінокислот. Ці ензими містяться як у яєчному білку, так і в жовтку, допомагають ембріону перетравлювати та засвоювати білок для росту та розвитку.

Ліпаза розщеплює жири на складові компоненти – жирні кислоти та гліцерол. Ліпаза міститься в жовтку пташиних яєць і допомагає ембріону, що розвивається, поглинати та використовувати ліпіди для росту та утворення енергії.

Фосфатаза – це фермент, який розщеплює фосфатні групи з молекул, таких як нуклеотиди, фосфоліпіди та фосфопротейни. Ензим присутній як в яєчному білку, так і в жовтку та відіграє важливу роль у поглинанні та використанні мінеральних речовин ембріоном, що розвивається.

Амілаза – це фермент, який розщеплює крохмаль на глюкозу. Амілаза, в основному міститься в жовтку пташиних яєць і сприяє використанню ембріоном вуглеводів для отримання енергії.

Сирий білок містить значну кількість ферментів, що мають *антитрипсинову* дію. Тому сирий білок гірше перетравлюється (82 %). У разі інактивації цих ферментів засвоюваність білків значно збільшується, тому оптимальна засвоюваність (96–98 %) яєчних білків досягається під час нагрівання їх до 70 °С.

Оксидоредуктази – це ферменти, які каталізують окислювально-відновні реакції, що включають перенесення електронів між молекулами. Ось деякі з оксидоредуктаз, які містяться в пташиних яйцях. *Каталаза* знешкоджує токсичний пероксид гідрогену шляхом перетворення його у воду та кисень. Він міститься в яєчному білку і допомагає захистити ембріон, що розвивається, від токсичної дії H_2O_2 . Аналогічну дію проявляє *глутатіонпероксидаза*, яка перетворює органічні гідропероксиди. Ензим присутній в яєчному білку і жовтку та допомагає захистити ембріон від оксидативного пошкодження. *Супероксиддисмутаза* – каталізує інактивацію супероксидних радикалів, що обумовлює

захист ембріону від оксидативного пошкодження. Локалізується у ячному жовтку. У процесах, які забезпечують ембріон енергією бере участь фермент *цитохром Р450*.

Ці та інші ферменти відіграють важливу роль у біологічних процесах яйця. За зберігання яєць з'являються продукти ферментативного розпаду білків, вільні амінокислоти, пурини, лактатна та цитратна кислоти тощо.

3.8. ПІГМЕНТИ ЯЙЦЯ

Біологічні пігменти (біохроми) – забарвлені речовини, що входять до складу тканин організмів. Колір пігментів визначається наявністю в них хромофорних груп, які вибірково поглинають світло у певній частині видимого спектра сонячного світла. Яйце птиці містить декілька різних пігментів, що надають йому різнобарв'я. Основними пігментами яєць є каротиноїди, протопорфірин IX, білкові пігменти і білково-карбонільні пігменти.

Пігменти, що обумовлюють забарвлення жовтка складають 0,3–2,5 % його загальної маси. Вони відносяться до групи каротиноїдів.

Каротиноїди – це клас природних пігментів, які містяться у жовтку яєць, а також у багатьох рослинах, фруктах і овочах.

Більшість пігментів жовтка знаходиться у вигляді ксантофілів. Співвідношення між каротинами і ксантофілами у жовтку пташиного яйця становить 1:10. Жовтий колір ячного жовтка визначається наявністю ксантофілів, зокрема лютеїну, зеаксантину та криптоксантину (рис. 14).

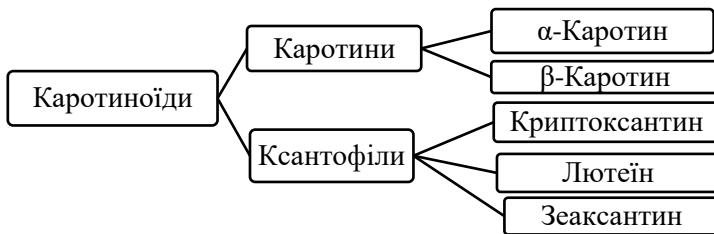


Рис.14. Класифікація каротиноїдів пташиного яйця.

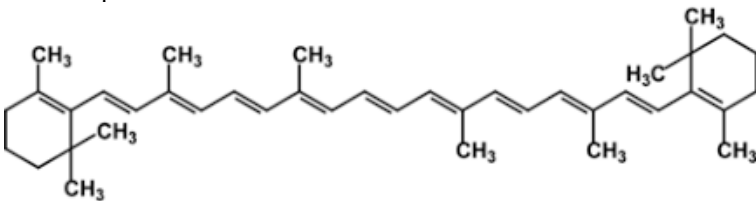
Значення пігментів велике. Так за гідролітичного розщеплення каротинів утворюється вітамін А, який часто називають вітаміном росту. β-каротин характеризується А-вітамінною активністю вдвічі більшою, ніж α-каротин. Із ксантофілів лише криптоксантин може

перетворюватися у вітамін А, але його вітамінна активність у два рази менша, ніж β -каротину. Каротиноїди є ліпофільними речовинами, які розчиняються у жирах.

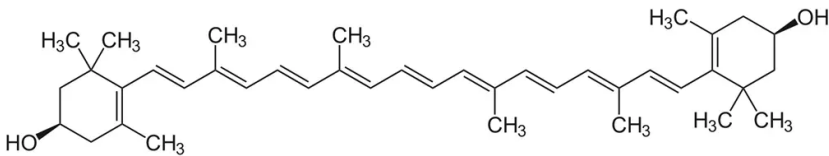
Каротиноїди надають жовтого та червоного кольору жовтку яєць. Крім того, каротиноїди мають антиоксидантні властивості, які допомагають захистити організм, що розвивається, від ушкоджень вільними радикалами.

Крім того, каротиноїди беруть участь у всіх основних біохімічних процесах росту, розвитку та розмноження, а також сприяють проникненню органічних і мінеральних речовин через клітинні мембрани, виступають антиоксидантами. Численні дослідження довели пряму залежність між умістом каротиноїдів у кормах і жовтку яєць, а також між кількістю каротиноїдів, вітамінів А та Е у жовтку та печінці зародків і добових курчат.

Оскільки ксантофіли та каротини обидва є каротиноїдами, то вони мають схожу будову, проте ксантофіли містять атоми кисню, тоді як каротини – це суто вуглеводні, які не містять кисню. Наявність у вмісті вміст кисню призводить до того, що ксантофіли більш полярні (за молекулярною структурою), ніж каротини, що спричиняє їх відділення від каротинів у багатьох типах хроматографії. Каротини зазвичай більш помаранчевого кольору, ніж ксантофіли.



α -Каротин



Зеаксантин

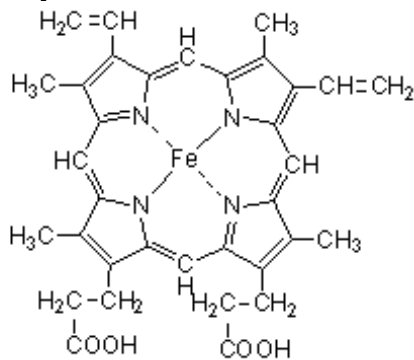
Каротини зазвичай більш помаранчевого кольору, ніж ксантофіли. Ксантофіли містять у своєму складі кисень у вигляді

гідроксильних груп та / або як атоми водню, заміщені атомами кисню, які виступають мостом для утворення епоксидів.

Пігменти, що визначають колір шкаралупи, допомагають підтримувати температуру розвитку зародка в яйці.

Крім, каротиноїдів у жовтку виявлена невелика кількість ще одного пігменту – *овофлавіну*. Він відноситься до групи ліохромів. Жовток курячого яйця містить 0,13 мг овофлавіну, білок – 0,07 мг. Пігмент має оранжево-жовте забарвлення.

Протопорфірин, який є основою гемоглобіну та хлорофілу, надає яйцям коричневатого кольору. У жовтку виявляються сліди протопорфірину ($2,0 \times 10^{-9}$ кг). Хімічний склад протопорфірину включає в себе макроцикл з чотирьох пірольних кілець, що зв'язані між собою метиленовими зв'язками, і Ферум, який знаходиться у центрі цього макроциклу.



Протопорфірин

У складі гемоглобіну протопорфірин забезпечує транспорт кисню в організмі, а також катаболізм (розщеплення) білків. Він є сировиною для синтезу інших важливих молекул, таких як жовчні кислоти.

Протопорфірин має антиоксидантні властивості і здатний захищати клітини від уражень вільними радикалами. Крім того, протопорфірин може мати імуномодулюючу дію і сприяти зниженню запалення.

Пігмент протопорфірин синтезують клітини, що вкривають стінки матки де формується яйце. Протопорфірини, які містяться у шкаралупі яйця, роблять її міцнішою і накопичуються в яйцях із

занадто тонкою шкаралупою через нестачу в них Магнію. Плямистість зазвичай збільшується зі зменшенням вмісту Кальцію в місцевих ґрунтах.

Білковий пігмент *овомукоїд* відповідає за білий колір жовтка та білка яєць. Він має властивості антибактеріального захисту, які допомагають зберегти яйця від забруднень. Овомукоїд є основним алергеном курячого яйця, який викликає у деяких людей алергії у разі їх вживання.

Білково-карбонільні пігменти, такі як *лізоцим*, відповідають за рожевий колір білка яєць. Ці пігменти також проявляють антибактеріальну дію.

Шкаралупа яєць в основному містить карбонат кальцію, який має білий колір. Однак пташині яйця демонструють велику різноманітність відтінків, пов'язану з присутністю двох пігментів – буро-червоного протопорфірину і синьо-зеленого *білівердину*. Відтінки забарвлення залежать від кількості пігментів, їх розподілу та наявності інших компонентів. Птахи різних видів у дикій природі відкладають яйця безлічі кольорів, домагаючись маскувального забарвлення, яке приховує кладку від хижаків. Проте не рідше зустрічаються відтінки абсолютно не маскувальні, роль яких до сих пір залишається нез'ясованою.

Висловлюються гіпотези про те, що певний розподіл пігментів може захищати зародки від УФ-променів, допомагати батькам відрізнити свою кладку від сусідніх тощо. Встановлено, що ключовим чинником, що визначає забарвлення шкаралупи яйця, є температура. На холоді темніші яйця здатні поглинати більше випромінювання і додатково підігрівати дозріваючі усередині ембріони, що розвиваються. І навпаки, світлі відтінки у жарких регіонах допомагають рятувати майбутніх пташенят від перегріву.

Колір яєць є такою ж спадковою ознакою, як і колір пір'я. Якщо говорити про курей та інших домашніх птахів, то колір шкаралупи, як правило, залежить від породи. Наприклад кури породи Леггорн (мають біле оперення) несуть яйця з білою шкаралупою, а породи Віандот (у них пір'я сірувате) – з коричневою. Деякі породи курей, наприклад, араукана, можуть нести яйця блакитних і навіть зеленуватих відтінків. А несучки породи еггерс відкладають яйця зеленого і оливкового кольорів.

На колір шкаралупи яєць впливають також і зовнішні чинники. Коли курка знаходиться в стресових ситуаціях вона може відкласти яйця більш світлого відтінку. Це пояснюється тим, що в умовах стресу кількість пігменту протопорфірину зменшується, відповідно шкаралупа яєць стає більш світлою.

На відтінок шкаралупи впливає довжина світлового дня. Пігмент протопорфірин більш інтенсивно виробляється в світлу пору доби. Відповідно, чим довше день, тим темнішими будуть яйця. Ще один чинник – скільки часу курка проводить на свіжому повітрі. Чим більше курка на свіжому повітрі, тим яскравіше забарвлення матимуть їхні яйця.

На колір шкаралупи впливає вік курки – старші відкладають яйця крупніші й світліші.

Важливий вплив на яскравість кольору шкаралупи яйця має раціон несучки. Якщо в раціоні мало поживних речовин, амінокислот, вітамінів і мінералів, то колір шкаралупи яєць буде блідим. Це впливає також і на їхню харчову цінність яєць, чим більш збалансованим буде раціон годівлі несучки, тим поживнішими будуть її яйця.

4. БІОСИНТЕЗ СКЛАДОВИХ ЧАСТИН ЯЙЦЯ

Яйце утворюється в органах розмноження птиці. У дорослих самок функціонує лише лівий яєчник і лівий яйцепровід (рис. 15).

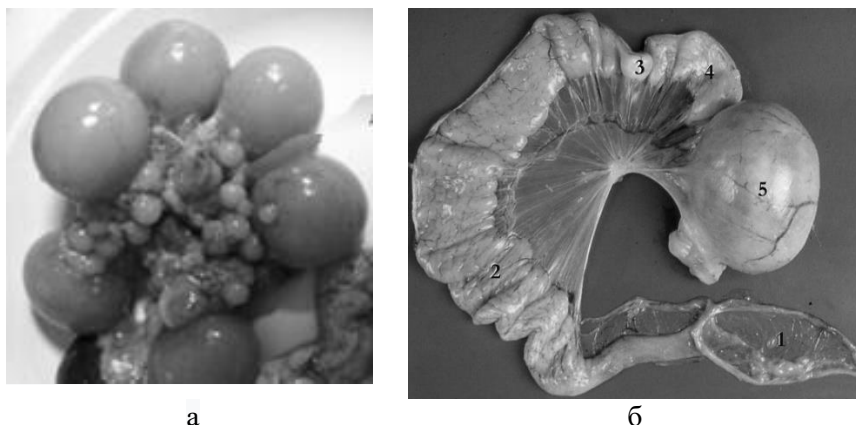


Рис. 15. Яєчник (а) та яйцепровід (б) курки-несучки: 1 – лійка, 2 – яйцепровід (місце утворення білка), 3 – перешийок, 4 – матка, 5 – піхва з яйцем, пліва від 2 до 5 – брижа з судинами і нервами.

Зовнішньо яєчник нагадує гроно винограду. В яєчнику містяться яйцеклітини (у курки 900–3600 штук, качки і гуски – до 10000 і більше). Пташине яйце – гігантська яйцеклітина, з ядром, цитоплазмою, включеннями жовтка і білка, оболонками, шкаралупою, кутикулою.

Ядро яйцеклітини дає виражені цитохімічні реакції на ДНК і РНК. РНК накопичується в ядерці або ядерцях, після чого виділяється у цитоплазму (ооплазму), де диференціюється у рРНК, іРНК та тРНК. Кількість РНК у цитоплазмі яйцеклітини перевищує у сотні і тисячі разів її вміст у соматичних клітинах. Ооплазма має виражений апарат біосинтезу білка (гранулярний і агранулярний ретикулум), мітохондрії (у них утворюється АТФ та її структурні

аналоги), комплекс Гольджі (у ньому синтезується жовток та інші складові частини цитоплазми).

Гранули жовтка – головні включення ооплазми. У разі розвитку яйцеклітин вони виділяються у вигляді зерен, шарів або пластинок, побудованих із білків оовітеліну, оовіветину, фосфовітину і фосфатидів. Кожна така частка складається з щільної центральної і пористої периферійної зон, зовні вкритих осміофільною мембраною. Щільна зона утворена молекулами фосфовітину та має вигляд кристалічних ґрат.

Під час росту і розвитку яйцеклітини вона поступово оточується шаром невеликих плоских і кубічних клітин – фолікулярним епітелієм. За рахунок діяльності ооциту і фолікулярних клітин яйцеклітина оточується зоною, багатою глікозамінґліканами (зокрема, гіалуроновою кислотою). Яйцеклітина огортається оболонками. Розрізняють три види таких оболонок: первинну, вторинну і третинну. Первинною оболонкою яйцеклітини вважається зовнішній шар ооплазми – оолема, вторинна – слідуєчий шар, утворений діяльністю ооциту і фолікулярних клітин (у ссавців її називають блискучою). Третинна оболонка має складну будову: вона представлена, білком, підшкаралуповими оболонками, шкаралупою і кутикулою.

4.1. ОВОГЕНЕЗ І ВІДКЛАДЕННЯ ЖОВТКА

Овогенез – процес розвитку жіночих статевих клітин, у ході якого овогонії перетворюються в яйцеклітини. Розрізняють три фази овогенезу: диференціація первинних зародкових клітин, розмноження зародкових клітин та їх ріст і дозрівання. Динаміка цих процесів ілюструє таблиця 26.

Первинні зародкові клітини утворюються на ранніх стадіях ембріонального розвитку птиці – на стадії простої борозни. Через півдобу розвитку ембріону їх видно у складі ендодерми. У 27-годинного зародку виникають кровоносні судини і зародкові клітини розносяться по всьому організму. У 43-годинного зародка такі клітини концентруються в епітелії, що покриває задню частину порожнини тіла. Тут і формуються гонади, в яких знаходяться зародкові клітини, зникаючи з кровоносного русла.

Таблиця 26. Виникнення, розвиток і ріст овоцитів у курей

Вік	Розвиток ооцита
Години	Ембріональний період
12	В ендодермі
24	У вісцеральній мезодермі
46	У кровоносній системі
55	У ділянці гонад
Дні	Зародкові клітини
6	У зародковому епітеліальному стовбурі самки
9–11	Швидке ділення
12–14	Ріст
15	Початок першої стадії дозрівання
16–18	Перша стадія дозрівання
19–21	Перша стадія
Дні	Постембріональний період
2	Початок утворення фолікулів
4	Яйцеклітина діаметром 0,01–0,02 мм
10	Накопичення дейтоплазми
	Формування фолікулярного кільця
21	Яйцеклітина 0,03–0,07 мм
37	Згущення фолікулів
42	Яйцеклітина 0,04–0,06 мм
65	Початок другої стадії дозрівання
70	Яйцеклітина 0,04–0,1 мм
180	Швидке накопичення жовтка
Понад 180	Статеве дозрівання
	Яйцеклітина діаметром 4,0–6,0 мм
	Яйцеклітина діаметром 30–35 мм

Під час другого періоду ембріогенезу зародкові клітини ростуть і досягають розміру до 0,016 мм. Вони мають виражене ядро діаметром до 0,01 мм і невелику цитоплазму – діаметром до 0,006 мм. Для клітин характерні виражені центросоми, комплекс Гольджі та інші органоїди. На 5-у добу ембріонального розвитку зародковий епітелій товстішає, ділиться і приростає до мозкової речовини гонад, втягуючи за собою інші зародкові клітини. У цитоплазмі майбутніх яйцеклітин з'являються включення жовтка. На 4–5 у добу постембріогенезу навкруги окремих яйцеклітин формуються фолікули. Фолікулярні клітини утворюються з частини зародкових клітин. До 21-ї доби розвитку ооцити

досягають інтрафолікулярної фази розвитку, що продовжується декілька років, а екстрафолікулярна – декілька тижнів. У перші дві фази оогенезу ооцити мають повільний ріст, ростуть нерегулярно і їх ріст чергується з декількома періодами спокою.

Під час третьої фази відбувається різке прискорення росту ооциту за рахунок накопичення в його цитоплазмі великої кількості жовтка. За наявності сперматозоїдів яйцеклітини у лійці яйцепроводу запліднюються, що співпадає з їх здатністю синтезувати і накопичувати велику кількість жовтка.

Ооцити у постнатальному періоді онтогенезу більше не утворюються в яєчнику за звичайних умов. За опромінення малими дозами іонізуючої радіації у постнатальному онтогенезі зародкового епітелію яєчника можуть виникати нові овоцити.

У подальшому кожна яйцеклітина оточується кільцем фолікулярних клітин, які є посередником між нею і судинною сіткою яєчника. Через капіляри і міжклітинну рідину в яйцеклітину з крові надходять прості речовини (глюкоза, амінокислоти, пуринові і піримідинові основи, гліцерол, жирні кислоти, іони та інші сполуки), з яких синтезуються білки, нуклеїнові кислоти, ліпіди, вуглеводи й інші речовини. Частина простих речовин, що потрапляють у яйцеклітину з током крові, використовуються нею без змін (неорганічні сполуки, іони, вітаміни, деякі гормони тощо). Гранули жовтка формуються у комплексі Гольджі з відповідних білків, ліпідів, вуглеводів, мінеральних речовин. Білки жовтка (ововітелін, оовіветин, фосфовітин) синтезуються в ендоплазматичній сітці з відповідних амінокислот і простетичних груп, після чого транспортуються у комплекс Гольджі, де і формуються гранули і пластинки жовтка.

4.2. РОЗВИТОК ЖОВТКОВОЇ КУЛІ І БЛАСТОДИСКУ

Процес відкладання жовтка починається на ранніх стадіях ембріонального розвитку яйцеклітини і продовжується до кінця її росту і дозрівання. Спочатку під впливом відповідних синтетаз з гліцеролу і вищих жирних кислот (ВЖК) у комплексі Гольджі синтезуються молекули нейтральних жирів (вони складають близько 99 % ліпідів жовтка), з холестеролу і ВЖК – стериди, з спиртів (гліцеролу, сфінгозину, інозиту), ВЖК, фосфатної кислоти і азотистих основ – молекули фосфатидів і гліколіпідів (синтезовані

ліпіди у середньому складають близько 33 % всього жовтка). З амінокислот і відповідних простетичних груп на рибосомах синтезуються білки. З простих цукрів відбувається біосинтез глікогену та інших вуглеводів. З цих складових частин у каналцях комплексу Гольджі формуються гранули і пластинки жовтка.

Жовток у яйцеклітині починається відкладатися у курчат на 10-й добі ембріогенезу. Відкладання жовтка продовжується до моменту вилуплення з яйцевих оболонок.

Друга стадія формування жовтка проходить у період слабого росту ооциту. У частинках жовтка виникають вакуолі. У центрі ооциту з'являються скупчення світлого жовтка. Вони поступово збільшуються і витісняють ядро клітини на периферію. При цьому відтягується частина світлого жовтка – формується шийка латєбри.

Третя стадія утворення жовтка співпадає періодом інтенсивного росту ооциту і характеризується накопиченням ооплазмою вторинного жовтого жовтка.

Перед овуляцією, в останні 4 доби, товщина жовтого жовтка збільшується до 2 мм, світлого – не перевищує 0,4 мм. Спостерігається періодичність у відкладанні яйцеклітиною гранул світлого і жовтого жовтка. Так, шари жовтого жовтка відкладаються впродовж дня до півночі, світлого – вночі, в останні години доби. Інтенсивно ростуть і розвиваються клітини фолікулярного епітелію. Проникнення поживних речовин у яйцеклітину відбувається через міжклітинні містки, з'єднуючи ооцит з фолікулярним оточенням. Вважається, що у період росту яйцеклітини через міжклітинні містки до неї з кровоносної системи надходить деяка частина нейтральних жирів, потім білків і жирів, а на третій стадії росту – фосфатидів.

Перед яйцекладкою частина яйцеклітин вступає у фазу бурхливого росту. За 5–6 днів до моменту випадання жовтка в ліжку яйцепроводу (овуляції) він збільшується в діаметрі приблизно з 6 до 35 мм, а його маса – з 1 до 18 г. У яєчнику курки, що несеться, помітно 4–6 досить великих, різної величини, жовтків, що мають яскраву пігментацію. У птиці, яка не несеться, яєчник має дрібні невизрілі яйцеклітини білуватого кольору, а маса його в 10–15 разів менша, ніж у курки, що несеться. Овуляція в курей відбувається, як правило, в першій половині дня. Найчастіше це трапляється через півгодини після того, як курка знесла яйце.

Оскільки жовток формується за 5–6 днів до овуляції, його якість (величина, пігментація, хімічний склад) значною мірою визначається умовами годівлі й утримання, протягом приблизно тижня до знесення яйця. Тобто яйце не утвориться, а отже, зірветься яйцекладка.

Перед статевим дозріванням окремі ооцити вступають у стадію інтенсивного росту. Збільшується інтенсивність біосинтезу білків, особливо оовітелену, фосфатидів, глікозамінгліканів, глікогену й інших речовин. За тиждень до овуляції кількість сухої речовини в ооциті збільшується більше, ніж вдвічі при одночасному зменшенні вмісту у ньому води.

У кінці фази інтенсивного накопичення жовтка формується бластодиск. Ядро витісняється на периферію, розміщується безпосередньо під жовтковою оболонкою і має форму лінзи. Найширша частина жовтка – *латебра*, звужена його частина – шийка, розширена частина – ядро Пандера.

На останній фазі росту жовтка між ооцитом і фолікулярним покровом утворюється прозора безклітинна еластична жовткова оболонка з каналцями. У разі швидкого збільшення розмірів ооциту між жовтковою оболонкою і фолікулярним покровом утворюється простір, заповнений лімфою. Ооцит у лімфі розміщується відповідно законам тяжіння: його тяжкий вегетативний полюс опускається, легкий анімальний (з ядром, кромкою ооплазми, бластодиском) – підіймається.

Поживні речовини, що надходять із током крові, через міжклітинну рідину шляхом дифузії, осмосу й активного переносу через каналні фолікулярного епітелію і жовткової оболонки проникають в ооплазму та включаються у численні реакції обміну.

Розрив фолікулу приводить до овуляції – виходу яйцеклітини з яєчника у яйцепровідну лійку. Це відбувається у середньому через півгодини після знесення попереднього яйця. Овуляція проходить у ділянці стигми.

Таким чином, перший періоду розвитку яйцеклітини завершується овуляцією. Яйцеклітина дозріває та її фолікулярна оболонка лопається. Після цього яйцеклітина, оточена жовтком і жовтковою оболонкою, виходить у лійку яйцепроводу.

4.3. УТВОРЕННЯ ЯЄЧНОГО БІЛКА

Після овуляції жовток попадає в яйцепровід, який в активному стані схожий на довгу (у курей понад 60 см) звивисту трубку різного діаметра. У період спокою (у птиці, яка не несеться) довжина яйцепроводу зменшується у 2–4 рази, а його маса – у 12–20 разів. За ступенем розвитку яйцепроводу визначають готовність несучки до яйцекладки. Яйцепровід складається з п'яти відділів, кожний із яких бере участь в утворенні певних частин яйця (рис. 16). У яйцепровідну стінку та її білкові залози з током крові через капіляри яєчникових артерій і міжклітинну рідину надходять амінокислоти й інші складові частини, необхідні для побудови молекул білка. Білок яйця синтезується, крім цього, частково клітинами покривного епітелію слизової оболонки яйцепроводу (муциноподібний білок).

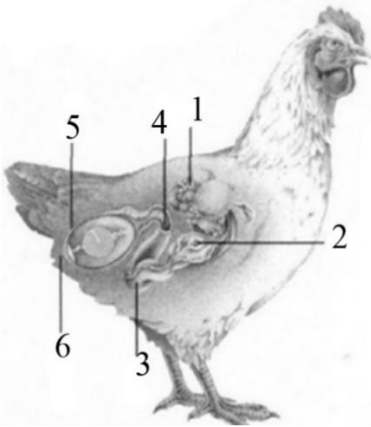


Рис. 16. Процес формування яйця у курці:

- 1 – Дозрівання яйцеклітини;
- 2 – Формування головної оболонки – жовтка;
- 3 – Опускання у яйцепровід;
- 4 – Формування білкової оболонки;
- 5 – Утворення шкаралупи;
- 6 – Вихід цілого яйця.

У складі яєчного білка є декілька шарів з різною консистенцією. Кожний з таких шарів формується у різні етапи оогенезу. Зокрема, після входження ооцита в овальний отвір яйцепроводу він обвивається муциноподібним білком у вигляді мікроскопічних ниток і рідким білком. Створюється поверхневий шар білка. У подальшому в яйцепроводі ооцит у вигляді жовткової кулі обертається, муцинові нитки навколо нього формують складну і заплутану сітку, а рідкий білок заповнює комірки цієї сітки. Формується середній щільний шар білка у вигляді пластичної

оболонки. Така оболонка нагадує білковий мішок. Він становить близько 57 % всього білка яйця.

У ході обертання жовткової кулі в яєчнику муцинові нитки натягуються, що приводить до вдавнення між ними рідкого білка. Формується середній рідкий і внутрішній щільний шари білка. Середній рідкий шар не містить муциноподібного білка. Він складає близько 17 % загального білка. За обертання і проходження формуючого яйця по яйцепроводу муцинові нитки на правому і лівому краях яйця скручуються у протилежних напрямках у більш товсті нитки – градинки у вигляді мутних формувань з підвищеною щільністю. У нижній частині лійки і у ділянці секретії білка яйцепроводу утворюється близько 40–50 % всього білка яйця. Деяка частина білка яйця синтезується у залозах перешийку та матки. Тут утворюється рідкий шар білка.

Під час біосинтезу окремих складових частин у різних відділах статевого апарату самки яйце перебуває різний час (табл. 27).

Таблиця 27. Швидкість проходження яйця під час його біосинтезу у статевих органах

Відділи яйцепроводу	Час перебування яйця	Частка (%) від загального часу
Лійка	20 хв.	1,4
Білковий відділ	3 г	12,8
Перешийок	1 г 10 хв.	5,0
Матка	19 г	80,8
Піхва	Короткий період	

Таким чином, синтез складових яйця в організмі несучки продовжується біля доби. Швидкість пересування яйця в органах статевого апарату курки у середньому становить 2,3 мм/хв.

4.4. УТВОРЕННЯ ПІДШКАРАЛУПОВИХ ОБОЛОНОК

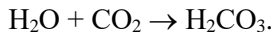
Залози перешийку синтезують білки, з яких утворюється внутрішня підшкаралупова оболонка з мікроскопічних кератиноподібних ниток. Під час проходження яйця по перешийку воно поступово покривається ще одним шаром сітки кератиноподібних товстих ниток – зовнішньою, поверхневою підшкаралуповою оболонкою.

Молекулярна маса кератиноподібного білка – близько 200 тис. У його складі виявлено до 7–14 різних амінокислот, серед яких переважає цистин, лейцин і глютамінова кислота. У складі білка виявлено α - та β -спіральні поліпептидні ланцюги. Молекули таких білків формують мікрофібрили і протофібрили. У складі оболонки є деяка кількість білка овопорфірину, який синтезують залози перешийку і він надає оболонкам світло-рожеве забарвлення.

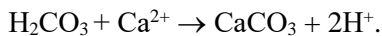
4.5. УТВОРЕННЯ ШКАРАЛУПИ ЯЙЦЯ

Після перешийку яйце поступає у порожнину матки. За проходження яйця подразнюються механорецептори матки, що сприяє активізації діяльності маточних залоз. Вони виділяють секрет, що містить багато води і мінеральних речовин. У секреті є деяка кількість колагеноподібного білка. Вода і частково мінеральні речовини через каналці підшкаралупових оболонки проникають у яйце. Підвищений осмотичний тиск у середині робить його опуклим і підшкаралупові оболонки напруженими. На шкаралупових оболонках розміщується шар густого секрету залоз матки. З нього на зовнішній підшкаралуповій оболонці спочатку формується сосочковий, потім і губчатий шари шкаралупи. Надалі шкаралупа покривається деякою частиною такого секрету, що створює кутикулу.

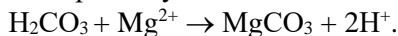
Формування шкаралупи відбувається поступово. На зовнішній підшкаралуповій оболонці повільно осідають дрібні зерна солей кальцію. Під впливом ферменту карбоангідрази з води і вуглекислого газу утворюється карбонатна кислота:



В воальшому утворена кислота взаємодіє з іонами кальцію – утворюється карбонат кальцію:

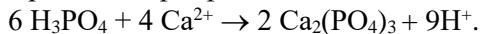


Аналогічно на зовнішній підшкаралуповій оболонці утворюються кристали карбонату магнію:



Одночасно лужна фосфатаза на зовнішню підшкаралупову оболонку транспортує через стінки капілярів артерії матки фосфорновмістні сполуки, необхідні для формування мінерального

остову шкаралупи. Утворюються мінеральні солі фосфатної кислоти, зокрема трикальційфосфат:



До осаду мінеральних солей приєднується білковий секрет маточних залоз. Він і об'єднує у суцільну масу кристали мінеральних солей у вигляді сосочків. Так виникає сосочковий шар шкаралупи.

Над сосочковим шаром виникає губчастий шар шкаралупи. Його хімічною основою є ті ж самі солі кальцію і магнію з фосфатною кислотою, осади яких з'єднані між собою секретом маточних залоз. На відміну від сосочкового шару у губчастому є багато радіальних каналів. Ці канали з'єднуються міжсосочковими проміжками і утворюють єдину вентиляційну систему яйця, через яку відбувається газообмін його вмісту (у т.ч. зародку) з навколишнім середовищем. У створенні губчастого шару беруть участь переважно залози верхньої частини матки. За пересування яйця утворення губчастого шару шкаралупи уповільнюється і припиняється. Солі кальцію і магнію відкладаються на зовнішній підшкаралуповій оболонці до того часу, поки губчастий шар не стане товстішим сосочкового, тобто матиме 2/3 товщини шкаралупи.

Товщина шкаралупи курячого яйця у середньому дорівнює 0,24–0,38 мм. Вона зростає із збільшенням об'єму яйця. Її розміри залежать від інтенсивності мінерального обміну в організмі несучки, вмісту мінеральних речовин у раціоні і наявності у них вітаміну D. Влітку і весною шкаралупа тонша, ніж зимою і восени. У процесі формування шкаралупа насичується пігментами, що розміщуються у ній у вигляді краплинок, полос і плям. Головним пігментом є овопорфірин, який синтезується у гепатоцитах, потім з печінки надходить у кровеносне русло і з нього надходить у маточні залози. З маточним секретом пігмент потрапляє на зовнішню підшкаралупову оболонку, де бере участь у формуванні шкаралупи. Таким же чином сюди проникають і два інші пігменти шкаралупи – ооціан і зелений пігмент. Встановлено, що більше всього овопорфірину виділяється з маточним секретом у формуючу шкаралупу в останні 5 годин перед знесенням яйця. Колір шкаралупи визначається видом, породою і навіть кросом птиці та є генетичною ознакою.

Якщо з будь-яких причин цей процес порушується, то серед коричневих яєць з'являються яйця зі світлою або ніби посипаною крейдою шкаралупою. Освітлення шкаралупи може статися і в разі захворювання птиці на бронхіт, інфекційний мікоплазмоз або хвороби Ньюкастла. В індичок, що несуть крапчасті яйця, пігмент виділяє матка разом із надшкаралупною плівкою. Незалежно від наявності пігменту, кутикула свіжознесеного яйця містить порфірин, що в ультрафіолетовому світлі здатний до флюоресценції.

З матки яйце потрапляє у піхву і клоаку, де покривається кутикулою. Сформоване яйце через останній відділ яйцепроводу (піхву) – виштовхується назовні. Хімічною основою кутикули є білкова речовина типу муцину, до складу якого входять глікозамінглікани, які містять N-ацетилнейрамінову кислоту. Кутикула захищає яйце від механічних, хімічних та біологічних пошкоджень. Вона гладенька і блискуча, не має каналців, з товщиною 0,001–0,005 мм.

4.6. ЗВ'ЯЗОК ХІМІЧНОГО СКЛАДУ КРОВІ І ПТАШИНИМ ЯЙЦЕМ

В яєчнику курки у середньому є близько 3600 яйцеклітин. Впродовж життя яйцями стає менше половини. За рік курка може знести 300 і навіть 350 яєць. Загальна яєчна маса за цей період представлена 1,4 кг білка, 1,2 кг жиру і 1,2 кг мінеральних речовин. Для біосинтезу такої кількості речовин організм курки повинен асимілювати приблизно 60 кормових одиниць, 12 кг перетравного протеїну, 1,8 кг Кальцію і 1 кг Фосфору.

Між хімічним складом плазми крові несучок і яєчною продуктивністю існує тісний кореляційний зв'язок. З плазми крові шляхом дифузії та осмосу в яєчник і інші органи, де синтезуються складові частини яйця, через капілярну сітку надходять прості речовини, зокрема амінокислоти, нуклеотиди, гліцерол, жирні кислоти, глюкоза, іони тощо, з яких синтезуються білки, нуклеїнові кислоти, ліпіди, вуглеводи, мінеральні солі й інші компоненти яйця. Частина речовин переходить у яйце з крові самки без особливих змін (вітаміни, пігменти, гормони). Яйцекладка стимулює обмін речовин в організмі несучок, що, у першу чергу, відбивається на хімічному складі плазми крові.

Так, у плазмі крові курей-несучок у період яйцекладки у порівнянні з плазмою курей-ненесучок рівень білка підвищений до 487 мкмоль (на 62 %), глюкози – до 9,9 (на 5 %), жирних кислот – до 77,2 (на 302 %), загального Фосфору – до 1,9 мкмоль (на 202 %). Особливо різко зростає кількість Кальцію у плазмі крові, який за нестачі у кормах поповнюється за рахунок Кальцію скелету та інших частин організму несучки. Із знесенням одного яйця з організму курки виноситься близько 2,0–2,5 г Кальцію. У період яйцекладки його концентрація у плазмі крові зростає від 0,5 мкмоль/л до 11,1 мкмоль/л. Це слід врахувати у разі планування раціонів для несучок, оскільки зменшення кількості Кальцію у складі раціону призводить до зменшення і навіть припинення яйцenessності, у кращому випадку яйця мають тонку шкаралупу, або взагалі її не мають (кури несуть “винески”). Вміст таких яєць покритий лише підшкаралуповими оболонками.

Одночасно з овуляцією в організмі несучок посилюється біосинтез білків. Так, за день до знесення яйця рівень білків у сироватці крові підвищується на 50 %. Деякі білки, які входять до складу жовтка синтезуються в органах самки (печінці, яєчнику, яйцеклітині) за 10 діб до знесення яєць. Білкові речовини, що входять до складу жовтка і білка яйця, синтезуються у залозах білкової частини яйцепроводу впродовж 24–54 годин.

Деяка частина нейтрального жиру, фосфатидів та інших ліпідів яйця синтезуються у печінці несучки, надходять у кровоносне русло (у вигляді хіломікронів, ліпопротеїдів і жирних кислот), потім у статеві органи, де і включається до складу яйцеклітини, її жовтка і білка.

У різні відділи статевого апарату несучки (яєчник, яйцепровід, матка і піхва) збільшується надходження з крові пуринових і піримідинових основ, пентоз і фосфатної кислоти. Кількість глюкози у крові перед яйцекладкою зростає на 5–7 %, з якої клітини статевого апарату синтезують пентози (рибозу і дезоксирибозу), глікозамінглікани, глікоген. У курей-несучок збільшується вміст асимільованого кисню і виділення вуглекислого газу. Теплопродукція організму несучки зростає на 24–30 %.

За 10–15 днів перед овуляцією спостерігається різке підвищення у сироватці крові рівню Кальцію і Фосфору. Деяка частина цих хімічних елементів “вимивається” з кістяку. В

організмі несучок інтенсифікується обмін Кальцію, Магнію і Фосфору. Наприклад, прийнятий з кормами Кальцій або Фосфор через годину потрапляє до складу шкаралупи. Спостерігається різке збільшення вмісту в органах і тканинах курей-несучок макроергічних сполук, зокрема АТФ та її структурних аналогів.

При видаленні великих півкуль головного мозку у курки несучість припиняється, а у курчат органи розмноження залишаються недорозвинені.

4.7. РЕГУЛЯЦІЯ ПРОЦЕСУ ЯЙЦЕУТВОРЕННЯ

Функція статевих залоз знаходиться під постійним впливом центральної нервової системи і залоз внутрішньої секреції. Важливе місце в регуляції несучості відводиться гуморальній ланці, гормонам гіпофіза, яєчників, щитовидної та інших залоз внутрішньої секреції.

Передня частка гіпофіза продукує гонадостимулюючі гормони – *фолікулоstimулюючий* і *лютеїнізуючий*, необхідні для росту та дозрівання яйцеклітин у яєчнику. Яйцеклітини, що швидко ростуть, у свою чергу виділяють гормон *естрін*, що стимулює діяльність яйцепровідів. Естрін викликає й інші фізіологічні зміни в організмі несучки: мобілізує з корму та всередині самого організму речовини, що йдуть на побудову яйця, та активізує обмінні процеси, необхідні для їх перетворення. Естрін виділяється переважно перед овуляцією. Через два дні після овуляції фолікул, що лопнув, починає атрофуватися, причому, виділяється, так само як у ссавців, гормон *прогестерон* (прожестин), що сприяє підтримці яйцепроводу в стані активності. Так, при оперативному видаленні фолікулів, що лопнули, з яєчника курки яйцекладка затримується на кілька годин і навіть днів. Рівень Кальцію в крові несучки регулюється парашитовидними залозами, активність яких контролюється гіпофізом. Гіпофіз виділяє, крім того, гормон *пролактин*, що гальмує продукцію гонадостимулюючих гормонів, а отже, і секрецію естріну. Пролактин стимулює прояв інстинкту насиджування. Деякі породи курей (леггорн) втратили здатність реагувати на секрецію пролактину насиджуванням, що значно збільшило їх несучість, гальмує продукцію гонадостимулюючих гормонів, а отже, і секрецію естріну.

Фоллікулостимулюючий гормон зумовлює ріст і дозрівання яєчника, а лютеїнізуючий – розрив дозрілого фолікула. У разі ін'єкції лютеїнізуючого гормону можна викликати овуляцію або прискорити її настання, тобто можна збільшити кількість яєць, хоча жовтки їх стають меншими. Виділення гіпофізом цього гормону контролюється, ймовірно, нервовим механізмом, включаючи гіпоталамус. Секреція лютеїнізуючого гормону припиняється на той час, поки яйце знаходиться в яйцепроводі. Речовини, що блокують нервовий механізм, запобігають періодичному виділенню цього гормону. Очевидно, що вищий темп виділення лютеїнізуючого гормону, то вище продуктивність, оскільки у високопродуктивних курей інтервал між наступними овуляціями загалом менше.

Проте не тільки передня частка гіпофіза виділяє гормони, регулюючі процеси яйцеутворення. У задній частці гіпофіза у курей міститься *аргінін-вазотоцин*, а не вазопресин, як у ссавців, і яйцепровід курей більш чутливий до вазотоцину, ніж до вазопресину. З'ясовано, що яйцекладка відбувається за значного зниження кількості гормону впродовж години, причому найбільше зниження виявлено за 5 хв до знесення яйця. Після відкладення яйця кількість гормону повертається до норми за 5–6 год. За 2–5 хв до знесення яйця вміст у крові вазотоцину збільшується у багато разів, а потім зменшується до вихідного рівня впродовж 5–10 хв після яйцекладки.

У статевому житті птиці (сільськогосподарської та дикої) є двоякого роду циклічність: астральна, що має відносно автоматичний характер, типу безумовно-рефлекторних процесів, мало залежна від середовища, і сезонна – чітко вираженого умовно-рефлекторного характеру.

Значення нервової системи у процесах, що відбуваються в органах розмноження, недооцінюється. У разі видалення великих півкуль головного мозку у курки несучість припиняється, а у курчат органи розмноження залишаються недорозвинені. Біохімічними дослідженнями встановлено, що видалення великих півкуль помітно порушує азотистий обмін та зменшує кількість NS-груп у генеративних та деяких ендокринних органах птиці. У нейро-гуморальній регуляції функції відтворювальних органів та метаболічних процесів, що відбуваються в них, провідна роль

належить великим півкулям, а гіпоталамо-гіпофізарна система, відповідальна за нормальну діяльність органів розмноження, підконтрольна вищим відділам центральної нервової системи.

На функцію яєчника суттєво впливає тривалість світлового дня. Якщо продовжити штучно тривалість дня взимку, то можна підвищити несучість птиці. Світло, діючи через зоровий аналізатор на епіфіз і гіпоталамо-гіпофізарну систему, активує їх функцію. Крім того, при цьому підвищується обмін речовин та прискорюється поїдання корму.

Отже, для нормального перебігу яйцеутворення необхідний високий ступінь синхронності гормональної та нервової регуляції та інших процесів у організмі несучки.

4.8. ЕНЕРГЕТИЧНІ ПРОЦЕСИ ЗА ЯЙЦЕУТВОРЕННЯ

Головними сполуками, які використовуються секреторними клітинами для біосинтезу складових компонентів яйця, є жирні кислоти, глюкоза, ацетат, амінокислоти, пропіонат, кетонів тіла та інші речовини, що надійшли у кров'яне русло після всмоктування продуктів перетравлення кормів у птиці (рис. 17).



Рис. 17. Схема секретії компонентів пташиного яйця у секреторних клітинах. Колом позначені основні регулюючі етапи.

Головним джерелом одержання хімічної енергії для синтетичних потреб яєчника та секреторних клітин є глюкоза, яка окиснюється гліколітичним (рис. 18) і пентозофосфатним шляхами. У секреторних клітинах може проходити *глюконеогенез* – процес синтезу глюкози із неуглеводних субстратів. Такими попередниками глюкози є лактат, піруват, амінокислоти, гліцерол, проміжні продукти циклу Кребса.

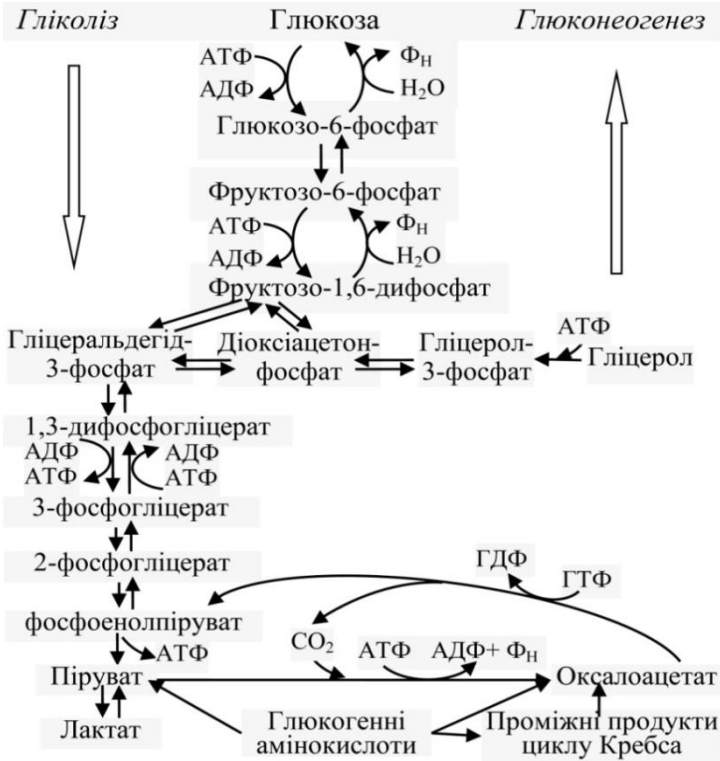


Рис. 18. Гліколіз і глюконеогенез.

У птиці значна частина низькомолекулярних кислот, що всмокталися, використовується для енергетичних потреб, які частково задовольняються через перетворення ацетату: утворенням ацетил-КоА та подальшого метаболізму в циклі трикарбонових кислот Кребса (рис. 19).

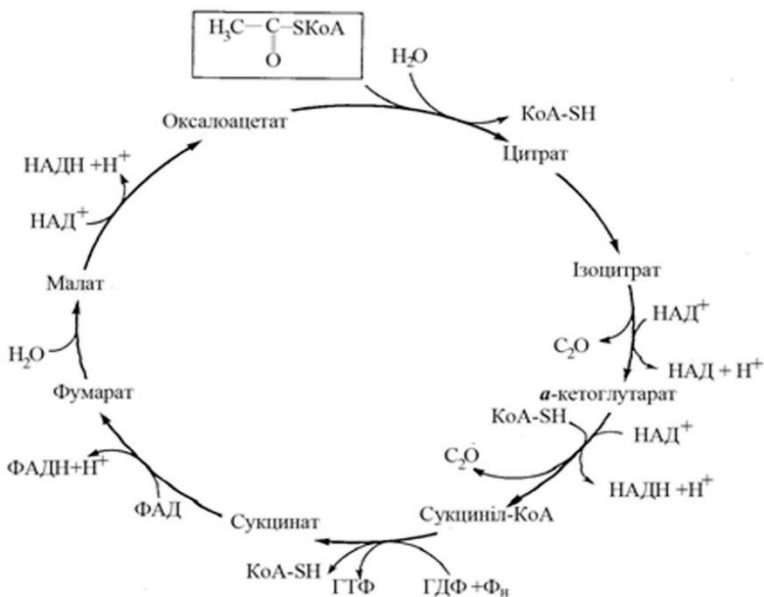
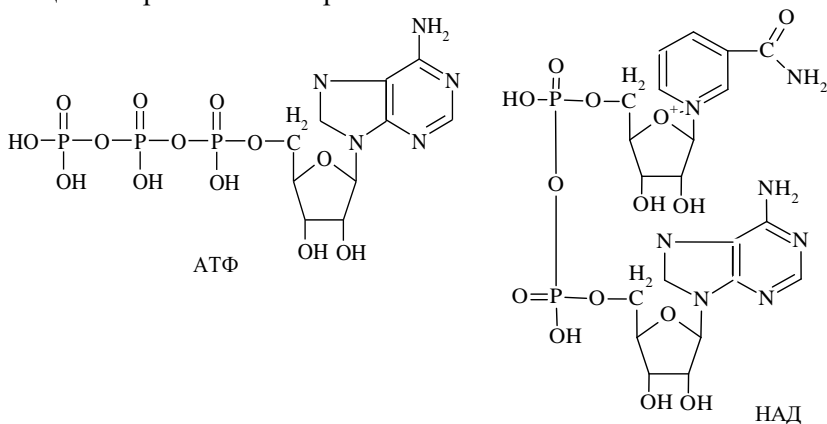


Рис. 19. Цикл трикарбонових кислот Кребса.

Хімічна енергія, що виділяється за окиснення глюкози, ацетату та інших сполук, концентрується у секреторних клітинах у вигляді АТФ та її структурних аналогів, частково у відновленій формі НАД (НАД \times Н $_2$) та використовується для біосинтезу складових частин яйця й енергетичних потреб.



5. ЧИННИКИ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА ХІМІЧНИЙ СКЛАД ТА ВЛАСТИВОСТІ ЯЄЦЬ

Якість яєць та їх хімічний склад пов'язаний із низкою чинників, зокрема генетичних, кормових, вікових, умов утримання птиці, якості устаткування та технологій отримання продукції птахівництва тощо.

5.1. ВИД ПТИЦІ

Яйця, знесені різними видами сільськогосподарської і домашньої птиці, відрізняються між собою зовнішнім виглядом, розмірами, формами, хімічним складом, енергетичною цінністю, засвоєваністю поживних речовин організмом людини і тварин. У різних видів птиці яйця масою, товщиною шкаралупи, пігментацією шкаралупи та яйця (табл. 28).

Таблиця 28. Співвідношення складових частин у яйцях сільськогосподарської птиці

Вид птиці	Маса несучки, кг	Маса яйця, г	Складові частини яйця, %		
			шкаралупа	жовток	білок
Кури	2,0–3,5	40–75	9–12	26–32	56–62
Індички	4,5–11	70–125	10–12	27–32	56–61
Цесарки	0,5–0,7	35–55	10–15	29–35	52–58
Перепілки	0,1–0,2	9–18	7–9	32–36	56–60
Качки	2,0–3,6	70–110	10–12	32–36	53–59
Гуси	4,5–6,8	90–210	11–12	32–36	52–58

Розміри яєць у різних видів значно відрізняються не тільки абсолютно, але і відносно величини самого птаха. Як правило, в межах однієї систематичної групи дрібніші птахи відкладають відносно більші яйця. У гніздових птахів яйця дрібніші, ніж у виводкових. У великих кладках яйця відносно менші, ніж у малих. У страусів, великих куроподібних та інших птахів маса яйця становить 1,7–3 % маси самки, у перепілок – до 10 %, а у деяких

дрібних куликів маса яйця становить 18–26 % маси самки – це найбільші показники серед птахів.

Окрім того встановлена варіація вмісту окремих компонентів, зокрема вітамінів у яйцях різних видів птиці (табл. 29).

Таблиця 29. Вміст вітамінів у 1 г яєчної маси, мкг

Вид птиці	Жовток, мкг			Білок, мкг
	А	Каротиноїди	В ₂	В ₂
Кури	6	18	4	2
Індички	7	20	4	2
Цесарки	10	35	2	1,1
Качки	8	20	6	1
Гуси	10	20	6	1

5.2. ПОРОДА ПТИЦІ

Породи птиці відрізняються між собою якістю і кількістю яєчної продуктивності. Кури м'ясних порід несуть яйця з коричневою шкаралупою, міжпородні гібриди – з забарвленням у різні відтінки шкаралупу, білий леггорн – з білою шкаралупою. Яйця курей різних порід відрізняються між собою і масою. Так, яєчні породи курей (наприклад леггорн) відкладають яйця масою 57–62 г, м'ясні (полтавські глинясті) – 56–64 г. Гібридна птиця відкладає яйця з більш міцною шкаралупою, ніж птиця вихідних порід і ліній. Це обумовлено багатостолітньою селекційною роботою вчених і практиків по створенню у сільськогосподарської птиці потрібних для господарств якісних і кількісних показників продуктивності. Перш за все це відбивається на морфологічних показниках яєць (табл. 30).

Таблиця 30. Морфологічні показники яєць різних порід курей

Порода	Індекс форми, %	Густина, г/см ³	Одиниці ХАУ	Індекс жовтка
Російська біла	74,8	1,082	86,0	0,412
Леггорн	73,5	1,081	80,8	0,432
Нью-гемпшир	72,3	1,078	77,9	0,391
Плімутрок білий	75,4	1,082	90,2	0,448
Корніш	75,8	1,083	89,7	0,456
Полтавські глинясті	75,9	1,074	86,6	0,440
Рой-айленд	73,8	1,075	86,5	0,440

Встановлені певні особливості хімічного складу яєць залежно від породи птиці (табл. 31).

Таблиця 31. Хімічний склад яєць різних порід курей, %

Порода	Вміст у яйцях, %			
	Суша речовина	Протеїн	Ліпіди	Зола
Леггорн	25,3	11,7	12,0	1,0
Міні-кури	26,3	11,8	12,5	1,0
Нью-гемпшир	25,9	12,8	12,0	1,05
Суссекс	26,4	13,0	12,3	1,06
Червоні білохвості	26,4	12,8	12,5	1,03
Корніш	26,3	13,1	12,1	1,03
Полтавські глинясті	25,6	11,8	12,2	1,04
Рой-айленд	25,2	11,6	12,0	1,03
Плімутрок	26,2	12,9	12,2	1,05

Яйця курей різних порід різняться за вмістом вітамінів, зокрема за вітаміном А та каротином (табл. 32).

Таблиця 32. Вміст вітаміну А і каротиноїдів у жовтку курей різних порід

Порода	Вміст у 1 г жовтка, мкг	
	Вітамін А	Каротиноїди
Російська біла	9,7	23,80
Кучинська ювілейна	11,3	35,18
Загорська лососева	6,89	26,42
Загорська біла	10,30	26,90
Корніш	8,30	25,10
Нью-гемпшир	9,77	30,00
Плімутрок	9,80	34,30

На якість яєць впливають індивідуальні особливості несучки. Так, кури з прямим кілем зносять яйця з меншою пружною деформацією, а кури із сильно викривленим кілем, у більшості випадків несуть яйця з тонкою шкаралупою і значною пружною деформацією.

5.3. ГОДІВЛЯ

Живлення птиці є найважливішим чинником, який у більшості випадків має вирішальний вплив на товарні і біологічні якості яєць. Морфологічні показники яйця, його хімічний склад і біологічні властивості визначаються вмістом у кормах протеїну, амінокислот, ліпідів, вуглеводів, мінеральних речовин, кормових добавок (антибіотиків, біостимуляторів та інших речовин). Ці чинники, перш за все, впливають на рівень яєчної продуктивності, вміст в яйці окремих хімічних речовин, їх поживній цінності, міцності і пігментації шкаралупи.

Найбільше маса яєць залежить від рівня обмінної енергії у кормосуміші. Суттєве збільшення маси яєць встановлено за додавання до раціону курей кукурудзи і такого джерела енергії, як рослинні жири (до 2 %), які містять неграничні жирні кислоти, зокрема лінолеву. Зменшення рівня обмінної енергії на 5–10 % призводить до зниження маси курячих яєць на 0,5–0,7 г. Високий рівень обмінного енергії в раціоні збільшує частку жовтка в яйці. Підвищений вміст сирого протеїну призводить до збільшення частки білка. У разі низького вмісту сирого протеїну у раціоні зменшується відносна кількості білка та спостерігається його деяке розрідження. За вмісту у раціоні курей 13 г, 16 і 19 г сирого протеїну висота щільного білка складає відповідно 5,6 мм; 5,7 і 5,9 мм. Це збільшення буває більш помітним, якщо джерелом протеїнової добавки є корми тваринного походження. Оптимізація амінокислотного складу кормосуміші призводить до збільшення маси курячих яєць на 1–2 г. Повноцінність білка залежить від вмісту амінокислот, зокрема лізину, метіоніну, цистеїну та аргініну. Білок яйця є еталоном співвідношення амінокислотного складу корму для птиці.

Оптимізація амінокислотного складу кормосуміші призводить до збільшення маси курячих яєць на 1–2 г. Наприклад, за дефіциту у кормах амінокислот лізину і метіоніну істотно зменшується інтенсивність яйцекладки і маса окремих яєць на 13–14 %. Внесення додатково у раціони птиці певних доз метіоніну (при його дефіциті у кормах) істотно впливає на ряд морфологічних показників яйця, жирних кислот – на їх вміст у складі ліпідів яйця.

Підвищення у складі раціону рівню протеїну, вмісту Кальцію і енергетичної цінності посилює яйцекладку, збільшує вміст у яйцях білках і жовтка, зміцнює шкаралупу. Зокрема, збільшення у складі раціонів кількості Кальцію на 1 % (від 3 % до 4 %) значно збільшує міцність шкаралупи (від 72,02 мг/см² до 79,25 мг/см²). Це стосується й інших поживних речовин, особливо мінеральних сполук і вітамінів.

Жирнокислотний склад корму визначає вміст ліпідів жовтка. Співвідношення у кормах жирних кислот (насичених 50–60 % і ненасичених 40–50 %) забезпечує високу якість інкубаційних яєць. Якщо частка ненасичених жирних кислот у кормах на рівні 60–70 %, то показники виводимості яєць знижуються. Вміст у кормі ненасичених кислот нижче існуючих норм, особливо лінолевої, впливає на зниження маси яєць, їх заплідненість і подальшу життєздатність ембріонів.

Коричневого забарвлення шкаралупі в основному надає пігмент протопорфірин-ІХ. При цьому на зміни у забарвленні шкаралупи можуть впливати різні чинники, зокрема на обмін порфіринів у організмі птиці впливає збалансованість комбікормів за амінокислотою триптофан.

Найбільший інтерес у годівлі птиці мають ксантофіли – лютеїн і зеаксантин. Природні джерела ксантофілу розрізняються за своєю здатністю забарвлювати жовток яйця. Люцернове борошно містить кілька типів ксантофілу, але у найбільшій кількості – лютеїн, який додає жовтизни у кольорі. Кукурудзяне борошно містить зеаксантин, формуючи оранжево-жовте забарвлення. Бавовниковий шрот робить жовток оливковим, або коричневим, а білок рожевим. Сорго та ріпак у кормах формує оливковий або зелений колір жовтка. Додаток тваринних жирів затемнює жовток. За надлишку у кормах вітаміну А жовток стає світлішим. Застосування деяких ліків (нікарбазину) робить жовток плямистим.

Частіше у раціон птиці вводять синтетичні каротиноїди, оскільки рівень бажаних пігментів у природних кормах не завжди постійний, і багато природних продуктів, що містять каротиноїди, мають порівняно низьку енергетичну цінність, а ксантофіли у них нестабільні, їх ефективні рівні змінюються у результаті окиснення за тривалого зберігання, а також за дії мікотоксинів. Цей процес

може вирівнюватися за рахунок додавання у корми антиоксидантів і мікосорбентів.

Одним із основних чинників, які враховує споживач, оцінюючи якість яєць, є колір жовтка, і як правило, перевага віддається яйцям із жовтком золотисто-жовтого кольору, за формування якого відповідають пігменти.

Для яйценосних курей важливим моментом є згодовування у достатній кількості Кальцію. Так, дефіцит його у раціоні 50-денного молодняку погіршує якість шкаралупи яєць ранньої кладки. Переведення із раціону з низьким вмістом Кальцію на висококальцієвий у віці 95–100 днів або пізніше не викликає негативного впливу на якість яєць. Для збереження високої якості шкаралупи на 1 г Кальцію у добовому раціоні повинно міститися 75–77 ккал обмінної енергії. Кальцій з вапняку, на відміну від черепашнику, засвоюється швидше. Відтак, половина джерела кальцію має споживатися у вигляді крихти або черепашнику. Повне перетравлення Кальцію, спожитого з кормом, відбувається за 12 годин, тому якщо основну кількість добової норми згодовувати в післяобідній і вечірній часи, він на 90 % спрямовуватиметься на утворення шкаралупи.

Окрім Кальцію, на міцність шкаралупи впливають й інші речовини. Широке співвідношення Натрію до Хлору може підвищувати кислотність крові і вміст бікарбонату. Співвідношення натрію до хлору повинне бути на рівні 1:0,8. Якщо це співвідношення стає 1:1, то товщина шкаралупи яєць знижується. Підвищення вмісту кухонної солі в питній воді понад 0,06 % сприяє збільшенню бою і насічки яєць утричі. Надлишок солі в комбікормах також знижує якість шкаралупи яєць, сприяє розрідженню посліду, що призводить до забруднення шкаралупи.

Надлишок Фосфору у раціоні призводить до зниження міцності шкаралупи. Рівень загального Фосфору у кормі, який перевищує 0,8 %, погіршує засвоєння Цинку і Марганцю, утворюючи з ними малодоступні сполуки. Якщо у комбікормі 1,1–1,2 % Фосфору, шкаралупа може стати дуже тонкою попри нормального рівня Кальцію.

Якщо джерело Кальцію містить високий рівень Магнію, то його не слід використовувати у раціоні курей-несучок. Надлишкова

кількість (понад 1 %) у раціоні Магнію може значно збільшити кількість яєць з тонкою шкаралупою.

Мінеральний склад білка і жовтка залежить від вмісту у кормі макро- і особливо мікроелементів. Зокрема, зі збільшенням кількості Марганцю у раціоні вміст його у білку може підвищити у 2 рази, а у жовтку – у 6–7 разів. Нестача Марганцю знижує несучість, міцність шкаралупи та виводимість курчат. При цьому якість шкаралупи може суттєво покращитися після усунення дефіциту Купруму, Марганцю, Цинку, Йоду та доведення їх вмісту до норми. З метою підвищення доступності використання організмом Купруму, Марганцю, Цинку, йоду доцільно згодовувати їх з протеїнами. Підвищена доступність і збалансованість Zn і Mn позитивно впливає на активність карбоангідрази і формування глікопротеїну, який поліпшує якість шкаралупи яйця, знижує бій і насічку на 2 %. Слід приділяти увагу включенню у комбікорми вітамінів D і E, Цинку, Марганцю, Купруму і Селену.

Якість шкаралупи яєць залежить від вмісту вітамінів, зокрема D₃ і B₂. Укрупненню яєць сприяє добавка у корм доброякісного трав'яного борошна, що містить вітамін D₃. Надлишок вітаміну D₃ провокує вапняні нарости на шкаралупі, порушується функція репродуктивних органів. Доступність вітамінів і мінералів для обміну значно знижується за наявності у кормах мікотоксинів. Ознакою дефіциту вітаміну B₂ може бути розріджений білок і шорстка, плямиста шкаралупа яєць, а нестача Марганцю знижує яйценосність птиці та міцність шкаралупи.

Борошно тваринного походження низької якості призводить до знесення яєць з тонкою шкаралупою нерівномірної товщини через запалення слизової оболонки матки і порушення функції залоз, які продукують речовини шкаралупи.

Негативно впливає на несучість та якість яєць різка зміна корму, недогодовування та перегодовування, отруєння кормом (мікотоксини, запліснявілий корм) та водою. За промислового утримання птиці важливо дотримувати фронту годівлі та поїння.

Необхідно вказати і на те, що у разі випадкового потрапляння в корм зерна, протравленого фунгіцидами, що містять деякі сполуки ртуті, шкаралупа тоншає, а іноді зовсім відсутня. За хронічного отруєння можливе потовщення шкаралупи, поява на її поверхні

горбкуватих рубців, шорсткостей, смуг. Яйця з деформованою шкаралупою можуть становити 20 %. Хлорорганічні сполуки, які потрапляють до організму несучки негативно впливають на несучість та якість шкаралупи яєць. При цьому вона стає потовщеною, мармуровою, зернистою, складчастою або зморшкуватою.

Питна вода з природним підвищеним вмістом солі негативно впливає на якість шкаралупи. З віком у несучок чутливість до підвищеного вмісту NaCl у воді зростає і виявляється кладкою яєць з тонкою шкаралупою або появою безшкаралупових яєць. Це пов'язано з тим, що в залози, в яких формується шкаралупа, надходить бікарбонат, а не Кальцій. Відомо, що сполуки нітратної кислоти – нітрати, і нітритної кислоти – нітрити накопичуються у ґрунті, а потім у рослинах за внесення в ґрунт великої кількості азотистих добрив. У разі хронічного отруєння нітратами та нітритами знижується несучість птиці, з'являються безшкаралупові яйця та/або яйця з кров'яними плямами.

Негативний вплив на масу яєць мають антипоживні речовини, які містяться у житі, тритікале, ріпаку та ячмені. З метою усунення дії антипоживних речовин застосовують ферментні кормові добавки, які покращують перетравність цих інгредієнтів.

Зменшення маси яєць спостерігається у разі втрати несучкою апетиту, що обумовлено споживанням залежаного корму, а також кормів, які містять згіркнені жири. Для покращання апетиту використовують “підсолоджувачі”.

Маса яєць зменшується за надлишкового вмісту Фосфору у комбікормах, за використання лікарських препаратів, у разі наявності фумігантів та отруйних речовин – мікотоксиків, афлатоксинів, ократоксинів тощо.

5.4. ВІК НЕСУЧКИ ТА СЕЗОН НЕСУЧОСТІ

На показники яєчної продуктивності істотний вплив має вік несучки. У перший період яйцекладки (у курей близько 6 місяців) середня маса яєць мінімальна (51,3 г), на кінець періоду (вік 11–12 місяців) вона дещо зростає (більше 60 г), стабілізується впродовж другого року і більше не змінюється. Збільшення середньої маси яйця, в основному проходить за рахунок підвищення у ньому кількості жовтка і зменшення вмісту білка. З

віком у яйцях зменшується кількість холестеролу (на початку яйцекладки вона в 1,5–2 рази більша ніж у послідуочі періоди) і зростає енергетична цінність яйця. Наприклад, вікове збільшення середньої маси яйця від 40 г до 75 г приводить до збільшення вмісту у складі яйця кількості сухих речовин (у жовтку – у 2 рази, у білку – в 1,5). Зростає енергетична цінність яйця від 230 кДж (при масі яйця 40 г) до 448 кДж (при масі яйця 75 г).

Вік несучки відбивається й на інших показниках, особливо на вмісті в яйці окремих вітамінів (табл. 33).

Таблиця 33. **Вміст вітаміну А в 1 г жовтка у залежності від віку курей-несучок**

Рік продуктивності	Вміст вітаміну А, мкг/г жовтка					У % до першого року продуктивності
	квітень	травень	червень	липень	вересень	
1	19,9	22,50	12,50	11,25	16,53	100,0
2	21,2	27,50	20,00	18,75	21,73	131,4
3	–	30,00	20,00	19,50	23,15	140,0

Неоднорідне забарвлення шкаралупи яєць частіше трапляється у курей-молодок у період початку несучості, і, як правило, колір стабілізується через 2 тижні після досягнення піку несучості. Цей процес пов'язаний зі стабілізацією маси яєць. Проблеми з неоднорідністю забарвлення шкаралупи з'являються після 39–40-тижневого віку курей, що, можливо, пов'язано із загальними змінами в інтенсивності функціонування репродуктивної системи.

Сезон яйцекладки відбивається на всіх показниках яєчної продуктивності і, у першу чергу, на вміст білків, мінеральних речовин та енергетичній цінності яєць (табл. 34).

Таблиця 34. **Енергетична цінність яєць курей, одержаних у різні місяці року, кДж/100 г яєчної маси**

Порода курей	Енергетична цінність, кДж/100 г					
	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень
Род-айленд	1005	888	1038	967	1063	938
Мінорки	1043	1026	1047	1130	1181	996
Віандот	980	1047	1013	996	1105	879
Плімутрок	1001	1026	1105	1151	1172	1151

5.5. УМОВИ УТРИМАННЯ

Несучість птиці обумовлена *фотоперіодизмом* – річним циклом розвитку багатьох видів тварин та птиці, які регулюються тривалістю світлового дня та температурним режимом. Фотоперіодизм проявляється у першу чергу у коливаннях інтенсивності метаболізму та енергії. У технології виробництва яєць птиці велике значення має подовження строків яйценосності. Залежно від породи у певний період у птиці настає період линяння, що пов'язано з втратою пір'я. За цих умов яйценосність птиці знижується, а може і зовсім припинитись. По закінченню цього періоду фотоперіодизму яйценосність у птиці відновлюється, однак вона значно нижче, ніж у перший період. Застосування примусової линьки дає можливість спланувати відновлення несучості. Зменшення освітленості пташника сприяє зниженню несучості, при цьому маса яєць є більшою. У разі надлишкового освітлення, навпаки, несучість підвищується, але розміри та маса яєць стають меншими.

На морфологічні показники, фізико-хімічні властивості і хімічний склад яєць впливає спосіб утримання птиці, що частково відображають таблиці 35.

Таблиця 35. Вплив способів утримання курей на окремі фізичні і хімічні показники яєць

Показники	Леггорн		Полтавські глинисті	
	Напільний	Клітковий	Напільний	Клітковий
Маса яєць, г	59,8	61,3	57,5	57,9
Білок, %	59,4	59,3	59,8	59,7
Жовток, %	30,1	30,3	30,5	31
Ліпіди у сухій речовині жовтка, %	69,8	71	70,1	70,8
Вітамін А, мкг/г	8,5	6,3	7,9	6,9
Каротиноїди, мкг/г	29,3	17,7	26	25,5

Яйця одержані від курей, що утримувались у клітках, мають більше сухої речовини, ліпідів і вуглеводів, мінеральних сполук, товщу, але менш міцну шкаралупу.

Яйця курей, вирощених у різних умовах, природно відрізняються за харчовою цінністю. Яйця курей, вирощених у

відносно вільних умовах, містять: на $\frac{1}{3}$ менше холестеролу; на $\frac{1}{4}$ менше насиченого жиру; на $\frac{2}{3}$ більше вітаміну А; у 2 рази більше омега-3 жирних кислот; у 3 рази більше вітаміну Е; в 7 разів більше β -каротину.

Несучість птиці та якість яєць знижуються за дії стрес-чинників. Основними негативними технологічними чинниками є сполох птиці, шум, перегрів чи переохолодження, зміна освітленості, вакцинація, захворювання, зокрема наявність кліщів, пухоїдів та інших паразитів тощо.

Сильний стрес курей за 3–5 годин до відкладання яєць призводить до появи рожевого, крейдяного і сірого відтінків шкаралупи. Інколи на шкаралупі з'являється білий шар, який опоясує яйце. Це пов'язано з тим, що яйце затримується у матці і поверх кутикули відкладається додатковий шар безбарвного Кальцію. Концентрація вуглекислого газу у приміщенні понад 0,25 %, аміаку – більш як 10 мг/л повітря, сірководню – вище за 5 мг/л швидко, вже через 2–3 дні, знижує якість шкаралупи. Підвищення рівня аміаку до 50 мг/л знижує несучість на 20–25 %, а також масу яєць і якість шкаралупи.

Фізіологічна причина зниження якості шкаралупи спостерігається впродовж другого періоду несучості, а також у перелинялих курей і за температури навколишнього середовища понад 28 °С. Повна відповідь обміну речовин на підвищення температури повітря відбувається за 3–4 доби. Зміни якості яєць, пов'язані зі зниженням споживання корму, з'являються практично відразу. Підвищення температури доквілля завжди призводить до поступового зниження маси яєць – приблизно на 0,17 г на кожний градус починаючи з 24 °С. Одночасно змінюється маса білка і шкаралупи. Для зміни маси жовтка підвищена температура повинна зберігатися впродовж хоча б 6–7 днів. Товщина шкаралупи починає зменшуватися за температури понад 26 °С, приблизно на 1 % на кожний наступний градус підвищення. Особливо погіршує якість шкаралупи надмірне підвищення температури повітря у пташнику у другій половині дня, тобто у ті години, коли починається формування шкаралупи.

Треба мати на увазі, що за кліткового утримання птиці, особливо у разі високої щільності посадки, температура завжди

вища, ніж у проходах, на 2–4 °С. Чим довше тримається висока температура, тим сильніший її негативний вплив на курей.

Якість шкаралупи суттєво залежить і від вологості повітря у приміщенні. Висока вологість швидше погіршує якість шкаралупи на фоні підвищених температур. За підвищення вологості на шкаралупі часто з'являються нерівності і зморшки, руйнується кутикула одразу після знесення яйця, що сприяє збільшенню мармуровості шкаралупи.

До зниження якості шкаралупи призводять практично всі захворювання птиці. Суттєвий вплив на якість шкаралупи має загальний стан здоров'я несучок. Захворювання травного тракту та органів дихання, інфекційні хвороби (інфекційний бронхіт), ньюкаслська хвороба, ларинготрахеїт, кокцидіоз, синдром зниження несучості викликають різні порушення якості шкаралупи. Вірусні захворювання послаблюють синтез порфіринів кістковим мозком, зачіпають клітини будь-яких слизових оболонок; при цьому блокується синтез пігментів у клітинах, їх виділення та відкладання у шкаралупу. У хворої птиці шкаралупа втрачає міцність, стає горбкуватою, нерівномірною за забарвленням і структурою. Відновлення якості шкаралупи займає декілька місяців після видужання птиці.

У разі вакцинації проти ньюкаслської хвороби молодок, які вже почали нести яйця, або курей, у них на 2–3 % зростає бій і насічка яєць. Зазвичай після вакцинації густина білка яєць знижується приблизно на 0,5–0,7 %, одиниці ХАУ – на 5–6 од., індекс жовтка – на 0,03–0,04, пружна деформація збільшується на 6–8 мкм. Це погіршення показників тримається до 10 діб, тобто практично до набуття птицею імунітету.

Різко погіршується якість шкаралупи за різних стресів, особливо у птиці, яка інтенсивно несеться. Після значного переляку частина поголів'я несучок може відкладати безшкаралупові яйця. Вплив стресу тим сильніший, чим триваліший час він діє на птицю. Стрес, викликаний у курей у першій половині доби, призводить зазвичай до передчасного знесення яєць, у яких ще повністю сформована шкаралупа. За стресу, який виник ввечері, частина курей зносить безшкаралупові яйця. Стрес ввечері та вночі може призвести до деформації

шкаралупи, утворення “поясів” та інших нерівностей, а також “передчасного” знесення яєць із м’якою шкаралупою.

У разі збільшення щільності посадки курей на 22 % бій та насічка яєць зростають удвічі. Доведено, що пошкодження шкаралупи часто зумовлена поведінкою курей. Поведінка курей у промислових умовах визначається генетичними чинниками. Кури, які схильні до паніки, істерії, легко збудливі, сприяють пошкодженню шкаралупи більше, ніж спокійні.

Від деяких несучок отримують яйця з пошкодженою шкаралупою до 46 % навіть за нормальної товщини шкаралупи, що пов’язано з різницею у поведінці. Деякі кури відкладають яйця стоячи, інші – сидячи. У перших відсоток бою буде більшим. За однакових умов утримання насічка яєць залежно від генетичних особливостей птиці може змінюватися майже удвічі.

Зміна якості шкаралупи зазвичай проявляється через два тижні. Найвагомим чинником, який знижує якість шкаралупи вже після знесення яйця, є механічне пошкодження та забруднення яєць, пов’язані зі способом утримання птиці. Яйця з пошкодженою шкаралупою втрачають здатність до довготривалого зберігання та інкубації.

Якість яєць значною мірою визначається ступенем їх забрудненості. У сильно забруднених яєць на 1 см² поверхні шкаралупи знаходиться 60–110 тис. мікроорганізмів, у тому числі до 15 одиниць кишкової палички. Забрудненість шкаралупи знижує дію антибіотичних препаратів, сприяє виживанню та проникненню у яйце через пори рухливих мікроорганізмів (*Salmonella*, *Proteus*, *E. coli*) та патогенних грибів (*Aspergillus*). При цьому біологічні показники харчових та інкубаційних яєць різко знижуються.

Слід зазначити, що лише чітке дотримання всіх зоотехнічних та ветеринарно-санітарних вимог до виробництва харчових та інкубаційних яєць, які передбачають проведення певних заходів, дасть змогу зменшити економічні збитки від недоотримання харчової та племінної продукції.

5.6. БІОХІМІЧНІ ЗМІНИ ПТАШИНИХ ЯЄЦЬ ЗА ДЕЯКИХ ЗАХВОРЮВАНЬ

Внутрішній вміст яєць – ідеальний субстрат для розвитку різних мікроорганізмів. Особливу небезпеку для людини і тварин

створють пташині яйця, заражені шкідливими мікроорганізмами. Останні в яйце проникають ендогенним і екзогенним шляхами. За ендогенного зараження в яйце поступають мікроорганізми, що є в організмі несучок, хворих туберкульозом, пуллорозом, сальмонельозом, ньюкальською хворобою та іншими небезпечними захворюваннями. Це можуть бути віруси, бактерії, гриби, збудники туберкульозу, сальмонельозу. Особливо небезпечні яйця водоплавної птиці, інфіковані сальмонелами, тому продавати качині і гусячі яйця в роздрібній торгівлі заборонено. За екзогенного зараження яйця збудники інфекційних хвороб у них проникають із зовнішнього середовища, забрудненого такими мікроорганізмами, особливо за порушення вимог гігієни. Екзогенне зараження яєць пов'язане з зараженням шкаралупи калом, ґрунтом, підстилкою, пером тощо. Заражені збудниками інфекційних хвороб яйця надзвичайно небезпечні, бо вони можуть стати причиною зараження людей і тварин, а також різноманітних отруень, що нерідко призводять до летальних наслідків.

Шкаралупа яєць – досить надійний захист їхнього вмісту. Однак за коливань температури відбувається всмоктування зовнішнього повітря у яйце, і з ним через пори шкаралупи проникають бактерії. На 1 см² поверхні свіжих чистих яєць містяться десятки і сотні, рідко тисячі бактерій, а на забруднених – десятки тисяч і навіть мільйони мікробних клітин. Вони збираються між шкаралупою та підшкаралуповою оболонкою, розмножуються, виробляють особливі ферменти, що полегшує їхнє проникнення всередину яйця.

Мікроорганізми, що потрапили в яйце, розвиваються зазвичай біля місця проникнення; скупчення, що утворюються, їх (колонії) помітні при візуальній ороскопії (просвічуванні) у вигляді плям. Подальше розмноження мікробів веде до різних змін білків і ліпідів яйця, до його псування. Розмножуються бактерії в білку повільніше, ніж в жовтку, оскільки в білку містяться антимікробні речовини (лецитин), а також високе значення рН (більше 9,0).

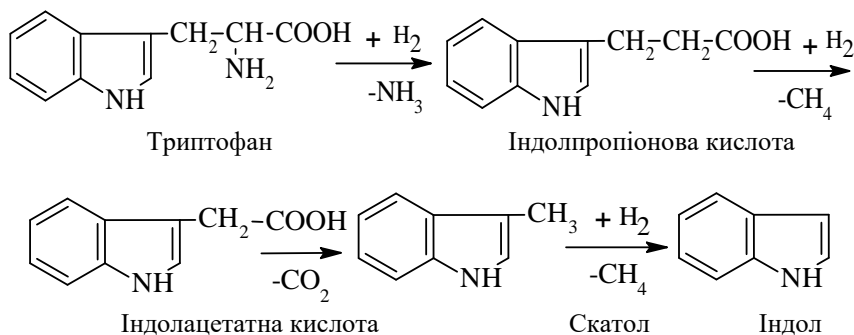
Мікробіологічними показниками безпеки яєць є кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів, БГКП (колі-форми), бактерії роду протей, наявність патогенних мікроорганізмів, зокрема сальмонел та коагулазопозитивних стафілококів.

У разі зараження яєць мікроорганізмами у них відбувається ряд хімічних реакцій, що знецінюють їх, як харчовий продукт. Відбувається гідролітичне розщеплення білків, нуклеїнових кислот, ліпідів, вуглеводів та інших речовин. Прості сполуки, що при цьому утворилися, піддаються подальшим перетворюванням і навіть гниттю, з утворенням отруйних продуктів. За ветеринарно-санітарної експертизи таких яєць слід чітко виконувати вимоги Ветеринарного законодавства по боротьбі з кожною такою хворобою.

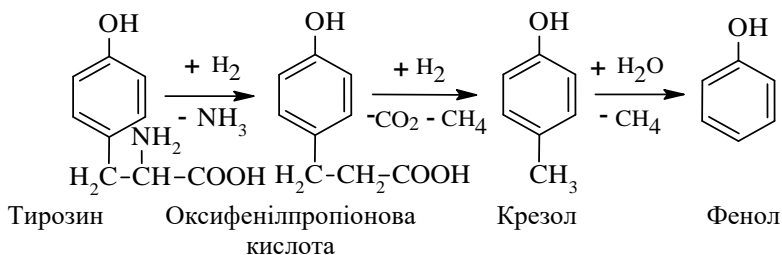
Спори цвілевих грибків за розміром не можуть пройти через пори шкаралупи, тому проростають на поверхні, після чого нитки міцелію проникають у пори, механічно розсовуючи підшкаралупову оболонку. З цвілевих грибів частіше виділяються гриби роду *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium* та *Mucor*.

Зміни, які спричинені бактеріями, різноманітні і залежать від їх властивостей та біохімічної активності. *B. prodigiosum*, *M. roseus* деякі дріжджі та гриби утворюють червоний пігмент і забарвлюють вміст яйця у рожевий колір. *Proteus vulgaris* і *E. coli* та інші гнильні бактерії забарвлюють вміст яйця в чорний колір. У яйці накопичується велика кількість газів.

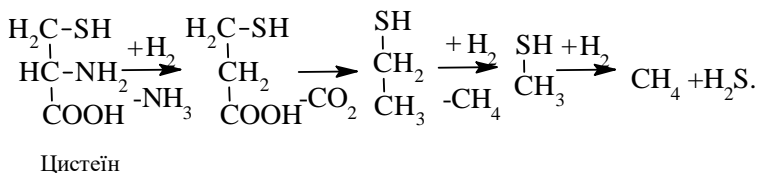
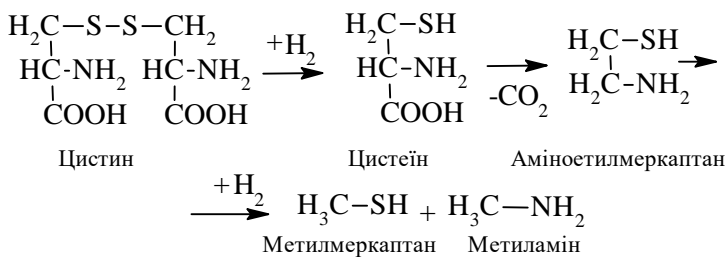
За гниття триптофану, яке відбувається під дією анаеробних клостридій, триптофан утворюються скатол та індол, що надають яйцю неприємного запаху:



Процеси гниття проходять поетапно та спряжені між собою, що спричинює утворення цілого ряду отруйних речовин. Зокрема, за гнильного розкладання багатьох білків утворюється амінокислота тирозин, яка може бути джерелом низки отруйних речовин:



За гнильного розкладу цистину та цистеїну утворюються отруйні речовини з неприємним запахом – меркаптани, сірководень, а також аміак, метан і вуглекислий газ:



Навіть при незначному їх вмісті продукт набуває гіркої ознаки. При гниття в анаеробних умовах одночасно протікають обидва процеси – декарбоксилювання та дезамінування з утворенням вільних вуглеводнів (метану тощо).

Розрізняють два основні види бактеріального розкладання. Перший починається в яєчному білку і супроводжується утворенням H_2S . Білок стає сірим, каламутним, розрідженим, а надалі набуває зеленого відтінку, що переходить у темно-зелений колір. Жовток теж забарвлюється у такий самий колір, що викликано різними бактеріями виду *Proteus*.

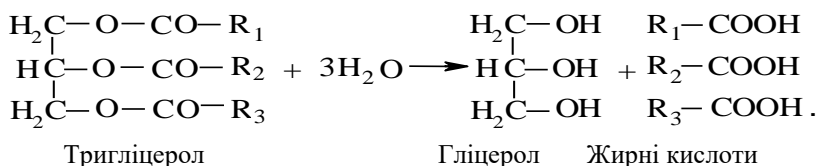
Другий вид розкладання починається у жовтку та протікає під дією мікроорганізмів групи *Mesentericus*. Внаслідок цього з'являється специфічний запах. При цьому H_2S не утворюється,

тому забарвлення, як у першому випадку, не виникає. Жовток набуває світло-жовтого кольору. Через руйнування жовткової оболонки та змішування жовтка з білком яйце в цілому перетворюється на кашкоподібну масу.

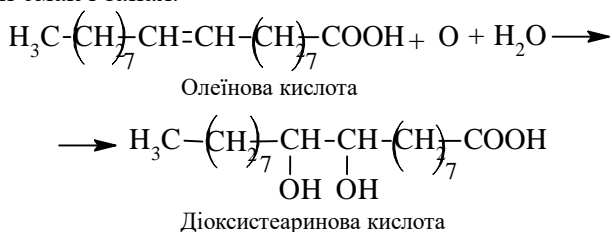
За дії ліпаз бактерій проходить розщеплення нейтральних жирів яйця за схемою:

Тригліцероли \rightarrow 1,2- і 1,3-дигліцероли \rightarrow 1- або 2-моногліцероли \rightarrow
 \rightarrow гліцерол + жирні кислоти.

У результаті повного гідролізу жиру утворюється гліцерол і жирні кислоти:



Жирні кислоти, особливо ненасичені, окиснюються, що призводить до утворення сполук, які негативно впливають на якісну характеристику яєць. Так, за окиснення ненасичених жирних кислот утворюються оксикислоти, багато з яких мають неприємний смак і запах:



У разі омилення низькомолекулярних жирів утворюються легкі жирні кислоти (масляна, капронова, каприлова, капринова тощо), що також спричиняють неприємний запах яєць.

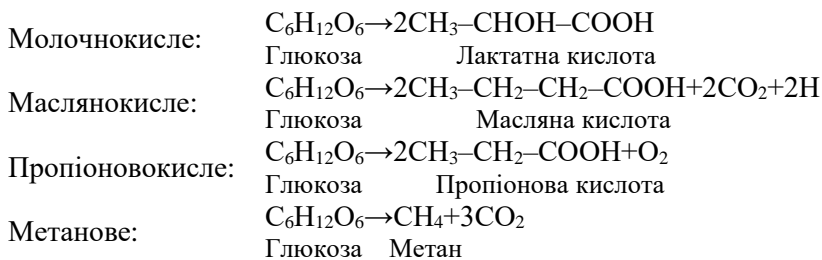
Поряд із перерахованими вище процесами відбувається псування жирів, внаслідок чого утворюються сполуки, які змінюють вміст та цінність яєць (рис. 20). Представниками таких сполук є оксикислоти, легкі жирні кислоти, альдегіди, кенони, продукти конденсації тощо. Ці процеси відбуваються за участі власних та мікробіальних ліпаз.



Рис. 20. Схема псування жирів.

Ступінь псування яєць залежить від видового складу мікрофлори.

Вуглеводи яйця зброджуються бактеріями з утворенням молочної, оцтової, масляної, пропіонової й інших органічних кислот, які підвищують кислотність яєчної маси.



Отже, правильні умови зберігання сприятимуть збереженню структури та якості яєць.

6. БІОХІМІЧНІ ЗМІНИ У ПТАШИНОМУ ЯЙЦІ ЗА РІЗНИХ СПОСОБІВ ЗБЕРІГАННЯ

6.1. ЗМІНИ ЯЄЦЬ ЗА ЗБЕРІГАННЯ

Зберігання яєць – складова технологічного процесу їх виробництва та реалізації. Оптимальна тривалість зберігання яєць залежить від віку, породи птиці та визначається якістю білка. Це підтверджується поведінкою диких птахів. Перед початком кладки яйця мають високу якість білка та шкаралупи, оскільки організм самки добре забезпечений поживними речовинами та енергією. Наприкінці кладки у самок спостерігаються ознаки анорексії, що є початком линяння, при цьому якість білка знижується. Інкубація яєць розпочинається після останнього знесеного яйця, якість яких стає вирівняною.

Короткі терміни зберігання (3–5 діб) харчових і, навіть, інкубаційних яєць сільськогосподарської птиці практично не впливають на їх якісні показники. Проте існує потреба збільшувати терміни зберігання з метою їх подальшої реалізації. У разі зберігання у складових частинах яєць відбувається ряд фізичних, хімічних і біологічних змін, що нерідко приводять до їх псування, зменшення поживної цінності і, навіть, непридатності для живання.

Вади яєць виникають у разі механічного ушкодження, неправильного зберігання, а також через зараження їх мікроорганізмами (табл. 36).

Яйце птиці є нестійким біологічним об'єктом внаслідок значної кількості різноманітних поживних і біологічно активних сполук, які знаходяться в одній “упаковці” – шкаралупі. Консистенція цих речовин полегшує їх контакт і взаємодію, прискорює реакції. Крім того, втрати води через пори, проникнення активного кисню та мікроорганізмів всередину яйця значно змінюють якісні показники яйця впродовж терміну його зберігання.

Таблиця 36. Основні вади яєць

Вада	Ознаки
Тік	Яйце з ушкодженими шкаралупою й підшкаралуповою оболонкою, що зберігалось більше 1 доби, не рахуючи дня знесення
Мала пляма	Яйце з однією або кількома нерухомими плямами під шкаралупою, загальний розмір яких не перевищує 1/8 поверхні шкаралупи
Велика пляма	Яйце з наявністю плям під шкаралупою, загальний розмір яких перевищує 1/8 поверхні яйця
Кров'яна пляма	Яйце з наявністю на поверхні жовтка чи білка кров'яних включень, видимих під час овоскопіювання
Присушка	Яйце із присохлим до шкаралупи жовтком
Виливок	Яйце із частковим змішуванням жовтка з білком
Запашистість	Яйце зі стороннім запахом
Затхле яйце	Яйце з адсорбованим запахом цвілі, або із зацвілою поверхнею шкаралупи
Красюк	Яйце з однорідним рудуватим забарвленням вмісту
Стусан	Яйце із зіпсованим вмістом за впливу цвілевих грибів і гнильних бактерій

Яйце є єдиним продуктом, який має свою “упаковку” – шкаралупу, яка ізолює білок і жовток від зовнішнього середовища, захищає від проникнення мікроорганізмів ззовні. У разі інкубації яєць ембріон використовує мінеральні речовини шкаралупи для свого росту і розвитку. Через пори шкаралупи в яйце проникає кисень, а вода та вуглекислий газ виводяться з нього. Пори розташовані нерівномірно на поверхні яйця – на тупому кінці їх більше, на гострому – менше. Саме через пори можуть потрапити у яйце мікроорганізми.

Після знесення яйце охолоджується, частина води з його поверхні випаровується, еластична білкова оболонка поступово відокремлюється в тупому кінці яйця від внутрішньої поверхні шкаралупи та утворюється пуга (повітряна камера). Пропорційно кількості випаровуваної води з яйця повітряна камера збільшується, що відбувається за тривалого зберігання.

У подальшому спостерігається повільне та поступове розрідження білка, яке продовжується доти, поки щільний і рідкий шари білки не набудуть однакової консистенції. Щільний шар

білка зменшується за масою, втрачає желеподібну консистенцію, що обумовлено втратою вуглекислого газу та підвищенням рівня рН. За зберігання яєць вода із білка переходить у жовток, що обумовлено різницею їх осмотичного тиску. За добу в середньому переходить 0,05 г води за 0 °С, та вдвічі більше за 10 °С, що суттєво знижує в'язкість жовтка. Розрідження білка викликає більшу рухомість жовтка та спливання його до шкаралупи. Вважають, що розрідження білка необхідно для вивільнення глюкози та іонів і транспортування їх до бластодерми. Окрім цього розріджений білок сприяє кращій дифузії газів.

У перші 10 днів зберігання яєць за температури 18 °С відбувається руйнування щільних шарів білка, потім поступово починають руйнуватися і халази. Зруйнована дисперсна система білка і послаблені халази не здатні тримати у центрі яйця жовток і він спливає над білком, що викликає його прилипання до шкаралупових оболонок і шкаралупи. Розрідження є автолітичним процесом, що зумовлений дією ферментів яйця. Відбувається ферментативний розпад білків і нейтральних жирів. У яйці накопичується аміно-, кето- та альдегідокислоти. Зростає кількість летких жирних кислот, амінів і амідів.

Збереження високого вмісту густого білка, оптимального індексу жовтка за мінімальних розмірів повітряної камери (для курячих яєць не більше 2 см³) досягають за температури 8–10 °С (впродовж місяця) і відносній вологості 70–85 %. Якісні показники яєць погіршуються за температури більше 12–18 °С. При цьому зменшується густина яйця (з 1,065–1,096 до 1,036), як результат автолізу його вмісту.

Відбувається збільшення вмісту амінного азоту від нормальних величин (1,8–2,6 мг на 100 г) до значних (2,8–4,0 мг/ 100 г) через 9 місяців зберігання яєць.

Під час зберігання яєць впродовж певного часу у білках виявляють продукти їх ферментативного розпаду. У незапліднених яйцях з'являються вільні амінокислоти, пурини, молочна і лимонна кислоти тощо.

У разі зберігання яйця перивітеліновий шар жовтка стає більш еластичним, його компоненти змінюються і змішуються, що пов'язано з підвищенням рівня рН білка. Жовток свіжознесенного яйця має рН близько 6,0, а за зберігання підвищується до 6,8. При

“старінні” яєць жовток мігрує до периферії, змінюється його колір, знижується вміст вітамінів, особливо вітаміна Е. “Старіння” яєць супроводжується ослабленням жовткової оболонки навіть до її розриву при виливанні вмісту яйця на горизонтальну поверхню. Таке ослаблення оболонки гальмується за підвищеного вмісту у навколишньому середовищі вуглекислого газу.

Зі збільшенням терміну зберігання яєць у них посилюється розпад протеїнів, жирів, знижується активність вітамінів, збільшується вміст аміаку, погіршуються смакові якості.

Автоліз вмісту яєць відбувається під впливом власних і мікробних ферментів. Зокрема, розпад білків під впливом таких протеаз і протеїназ приводить до утворення альбумоз, пентонів, поліпептидів, олігопептидів, дипептидів і амінокислот (рис. 21).

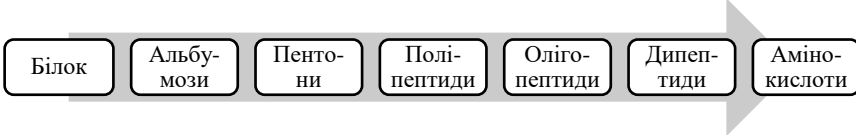


Рис. 21. Схема гідролізу білків.

У ході зберігання зменшуються захисні властивості кутикули, шкаралупи і підшкаралупових оболонок. Через пори шкаралупи без особливих труднощів проникають у середину яйця мікроорганізми, розмножуються і своєю діяльністю розкладають білок і жовток. Особливо небезпечним є проникнення патогенної мікрофлори, яке може бути ендогенним (через яєчник, яйцепровід, матку і піхву несучки) і екзогенним (коли в яйце проникає мікрофлора із зовнішнього середовища).

Найбільші зміни відбуваються у яйцях за дії мікроорганізмів, які проникають всередину яйця. Здорові несучки, як правило, відкладають практично стерильні яйця. Стерильність шкаралупи відразу після знесення втрачається. За оптимальних умов зберігання захисний механізм яйця попереджає проникнення мікроорганізмів впродовж тривалого часу. Надалі, через пори шкаралупи та підшкаралупові оболонки мікроорганізми потрапляють до білку, де для їх розвитку лужне середовище є несприятливе та проявляється бактерицидна дія лізоциму. Для успішного росту та розвитку мікроорганізми повинні подолати чотири шари білка і потрапити на поживне середовище жовтка.

За тривалого зберігання яєць або зберіганні у неналежних умовах поряд з автолізом відбуваються й гнилісні процеси, які проходять під дією ферментів мікроорганізмів, що проникли всередину яйця через пори. Хімічні зміни, які виникають під дією мікроорганізмів, важко класифікувати, оскільки кожний з мікроорганізмів проявляє свою специфічну дію. У зіпсованих яйцях знаходять суміш кінцевих і побічних продуктів розпаду.

Бактерії, проникнувши через пори шкаралупи, розмножуються на зовнішній підшкаралупній оболонці в ділянці проникнення, утворюючи дрібні колонії. Під дією протеолітичних ферментів бактерій підшкаралупні оболонки розчиняються, бактерії проникають усередину яйця, активно розмножуються у жовтку.

Спори цвілевих грибів і актиноміцетів унаслідок великого розміру не можуть проникнути через пори шкаралупи, тому проростають на її поверхні, утворюючи дрібні колонії, після чого нитки міцелію проникають у пори, механічно розсовуючи підшкаралупну оболонку. Зволоження шкаралупи прискорює проростання спор. Після цього цвіль і актиноміцети розмножуються, утворюючи дрібні колонії на підшкаралупних оболонках, оболонці повітряної камери і зовнішньої поверхні білка. Міцелій проникає всередину білка, де утворюються крупні колонії.

При розмноженні гнильних бактерій, цвілевих грибів, актиноміцетів та інших мікроорганізмів під дією ферментів, що виділяються ними, розкладаються складові частини яйця з утворенням специфічних продуктів розпаду: протеїнів, жирів, вуглеводів, лецитину, – тобто настає його псування.

Залежно від того, в якій складовій частині яйця (білку або жовтку) розмножуються мікроорганізми, їх біохімічної активності і інших фізіологічних особливостей зміни вмісту яйця різноманітні. Так, при розмноженні гнильних бактерій аеробів роду псевдомонас і золотистого стафілокока білок стає сірим, каламутним і розрідженим, надалі білок і жовток набувають зеленуватого відтінку, перехідного в темно-зелений колір (зелена гнилизна). У результаті розмноження гнильних бацил аеробів жовтка набуває ясно-жовтий колір. Унаслідок руйнування жовткової оболонки білок перемішується з жовтком, і утворюється однорідна каламутна рідка маса. При овоскопії таке яйце не просвічується. За розмноження в яйці рожевого мікрокока, деяких дріжджів і

цвілевих грибів, утворюється червоний пігмент, який викликає забарвлення його вмісту в рожевий або червоний колір. При овоскопії помітний червоний відтінок у жовтку і почервоніння білка, який може бути або розрідженим, або в'язким (червона або рожева гнилизна).

У тому випадку, коли в яйці розмножуються кишкова паличка, паличка протей, деякі бактерії роду псевдомонас та інші гнильні мікроби, вміст стає чорним і каламутним і не просвічується за овоскопії. Жовток каламутний, вільно плаває в рідкому білку, який може бути зернистим і в'язким, із зеленим або брунатним відтінком. Через утворення великої кількості газів збільшується тиск усередині яйця, тому шкаралупа розривається, і вміст яйця видає фекальний запах (чорна гнилизна). Псування яєць, що викликається гнильними бактеріями, за якої вони не просвічуються при овоскопії, називають “стусан бактерійний”.

Окрім гнильних бактерій в яйцях часто розмножуються цвілеві гриби і актиноміцети. При розмноженні цвілі на підшкаралупних оболонках, де вони утворюють колонії у вигляді забарвлених плям, залежно від розмірів колоній розрізняють порок “мала або велика пляма”. Коли підшкаралупні оболонки суспіль покриті колоніями цвілевих грибів, білок і жовток змішані, яйце не просвічується, порок називають “стусан плісневільний”.

Яйця з ознаками псування “стусан бактерійний” і “стусан плісневільний” для харчових цілей не придатні. При пороку “мала або велика пляма” яйця використовують після лабораторного дослідження відповідно рекомендацій органів санітарного нагляду.

За тривалого зберігання поступово гідролізуються нейтральні жири власними ліпазами та ензимами мікробного походження. За рік зберігання кількість жирних кислот (масляна, валеріанова, капронова тощо) у складі яйця (в основному у жовтку) зростає на 3,12 %, а через 5 років – на 5,15 %. Вони є частково причиною неприємного запаху таких яєць. Відбувається гідроліз фосфатидів, що приводить до утворення тих же летких жирних кислот, альдегідів, амінів і значної кількості неорганічного Фосфору. За “старіння” яйця Ферум, що входить до складу біополімерів і пігментів жовтка, після їх розпаду переходять у білок. Кальцій, навпаки, переміщується у жовток (близько 10–15 %).

У подальшому може розвиватися окиснення кислот (арахідонової, лінолевої, ліноленої, олеїнової) та фосфоліпідів, що відбувається за ланцюговим механізмом. Ненасичені жирні кислоти окиснюються за місцем подвійного зв'язку неферментативним способом за дії окиснювачів, наприклад супероксидного радикалу (O_2^*), пероксиду гідрогену (H_2O_2), гідроксильного радикалу (OH^-), вільних радикалів органічних сполук (рис. 22).

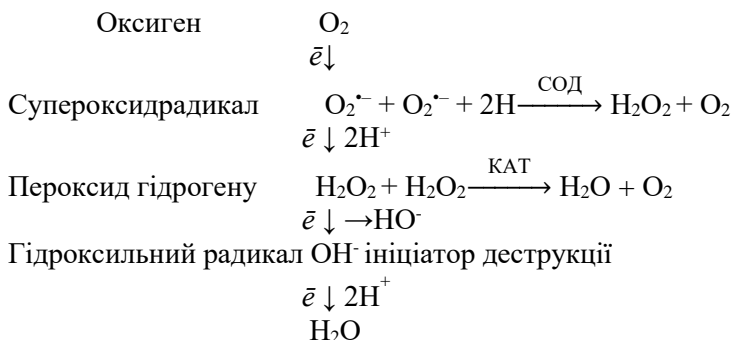
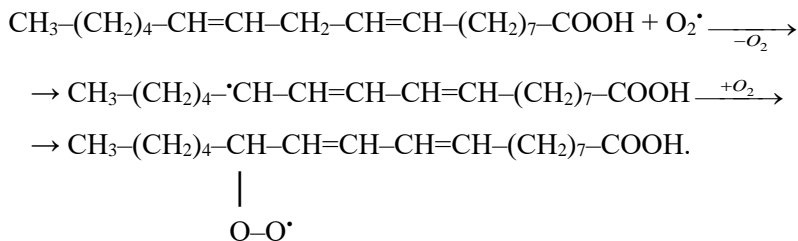
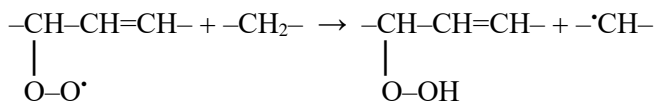


Рис. 22. Реакційноздатні форми Оксигену.

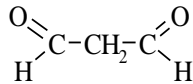
На першій стадії утворюються гідропероксиди і пероксиди, що змінюють смак жиру. Наприклад, окиснення лінолевої кислоти:



За дії O_2^* утворюється вільний радикал жирної кислоти, який легко приєднує молекулярний кисень, перетворюючись у пероксидний радикал $R-O-O^*$, останній взаємодіє з іншою молекулою жирної кислоти:



Пероксидний радикал відновлюється до гідропероксиду жирної кислоти, яка окиснюючись, утворює пероксидний радикал і продовжується ланцюговий процес окиснення все нових молекул жирних кислот. Пероксиди жирних кислот дуже нестабільні і розпадаються з розриванням $-C-C-$ зв'язку, сусіднього із пероксидною групою. При цьому утворюються коротші сполуки, які далі піддаються пероксидному окисненню. Кінцевим продуктом є малоновий діальдегід:



Малоновий діальдегід

Хоча гідропероксиди і пероксиди не впливають на органолептичні властивості яйця, але окремі з них є токсичними, можуть активізувати реакції полімеризації жирів з утворенням дита полімерів високої токсичності. Крім того, вони сприяють руйнуванню жиророзчинних вітамінів і поліненасичених жирних кислот та утворюють комплексні сполуки з амінокислотами (цистином, лізином, метіоніном, глутаміною та аспарагіною кислотами), а також з білками, що погіршує їх засвоєння, тобто первинні продукти ПОЛ знижують харчову і біологічну цінність продукту.

Процеси “старіння” яєць починаються майже зразу після їх знесення, проте їх інтенсивність та вираженість залежать як від якості яєць, так і від умов та тривалості зберігання. Швидкість “старіння” яєць визначається фізико-хімічними особливостями яйця. Вірогідний вплив на втрату маси яєць має пористість і товщини шкаралупи, пружної деформації, а також маса яєць відносно поверхні шкаралупи.

Значною мірою “старіння” яєць залежить від чинників зовнішнього середовища, зокрема температури, вологості, газового складу та швидкості руху повітря. За високої температури повітря й низької відносної вологості швидко втрачається маса яєць, насамперед, за рахунок випаровування води з білка, при цьому відбувається збільшення повітряної камери та зменшення щільності яєць (рис. 23).

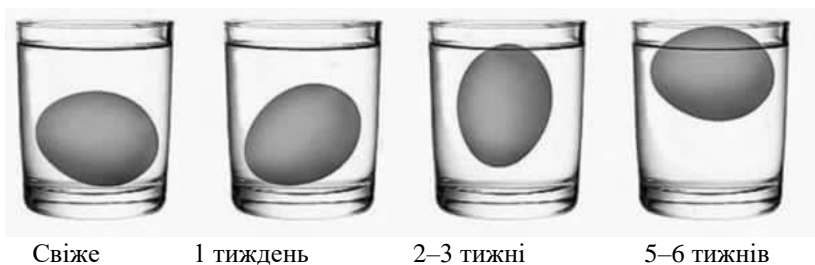


Рис. 23. Визначення свіжості яєць за їх щільністю.

Висока температура у разі зберігання яєць сприяє швидкому збільшенню зовнішнього рідкого білка за рахунок руйнування щільного шару, знижується індекс білка і число одиниць ХАУ. Це зумовлено активним руйнування овомуцину за підвищення рН білка до 9,0–9,5 та супроводжується майже повною втратою активності лізоциму.

За 20 °С щільний білок повністю розріджується вже на 30-у добу. Як автолітичні, так і бактеріальні процеси прискорюються за підвищених температур (оптимальна температура 37 °С).

У жовтку яєць активність лецитинази є не високою, що не викликає розпад лецитину зберіганні яєць у холодильниках. Сирий білок містить значну кількість ферментів, які мають антитрипсинову дію, тому сирий білок гірше перетравлюється (82 %). У результаті інактивації цих ферментів засвоєваність білків значно зростає. Оптимальна засвоєваність (96–98 %) яєчних білків досягається під час нагрівання їх до 70 °С.

Слід уникати миття яєць перед закладанням їх на збереження. Миті яйця у порівнянні з немитими за їх зберігання втрачають масу на 1,9 % і більше. Серед них на 2,1 % є більше яєць із розлитими жовтками.

Зберігати яйця краще гострим кінцем вниз. Так жовток весь час буде в центрі, не зачіпаючи повітряний шар, який знаходиться у тупому кінці яйця.

Однією з головних умов збереження якості знесеного яйця є максимальне гальмування у ньому біохімічних процесів. Чим раніше після знесення будуть створені такі умови, тим успішним і тривалим буде зберігання яєць з високою якістю.

6.2. ЗМІНИ ЯЄЦЬ ЗА ЗБЕРІГАННЯ У ХОЛОДИЛЬНИКУ

Для попередження псування яєць використовується багато різноманітних прийомів або способів, серед яких найбільш зручним є використання для збереження яєць холоду. Яйця можна зберігати у холодильних установках або холодильниках у шкаралупі у переохоложеному стані за температури від -1°C до $+2^{\circ}\text{C}$ та відносної вологості 85–88 %. Термін оптимального зберігання повинен не перевищувати 4 місяці.

Основною фізичною зміною є усушка вмісту яєць за рахунок випаровування води. Проникність шкаралупи для повітря однакова як зсередини, так і зовні, вода всмоктується всередину яйця майже вдвічі повільніше, ніж випаровується. Випаровування води з яєць залежить в основному від температури та вологості навколишнього середовища, терміну зберігання, якості яєць, а також від товщини шкаралупи тощо. Встановлено, що зі збільшенням віку курей проникність шкаралупи знижується. Внаслідок випаровування води збільшується розмір повітряної камери, підвищується концентрація солей і внаслідок цього погіршується якість яєць.

Підтримувати високу вологість повітря у камерах зберігання яєць не можна через можливість розвитку мікроорганізмів, тому їх усушка неминуча. Необхідно встановити такі температурно-вологісні умови, за яких усушка буде мінімальною. За збільшення строку зберігання усушки яєць збільшується (табл. 37).

Таблиця 37. Зміна величини усушки яєць впродовж 8 місяців зберігання за температури $+1^{\circ}\text{C}$

	Тривалість зберігання, міс							
	1	2	3	4	5	6	7	9
Зміна усушки, %	0,6	1,0	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0

Зі зниженням температури зберігання до $-1...-2,5^{\circ}\text{C}$ усушка скорочується на 25–30 %. Наприклад, за 6 міс. зберігання у холодильній камері за температури 1°C та вологості повітря 82–87 % висота повітряної камери становила 4,6 мм, а за температури $-2...-2,5^{\circ}\text{C}$ та вологості 81–86 % – 3,4 мм. В обох випадках при закладці на зберігання розмір повітряної камери яєць становив 2 мм. При зберіганні зменшується маса яєць, збільшується сухий залишок. Так, за 3 міс. зберігання у холодильнику густина яєць

була 1,059 г/см³; через 5 міс. – 1,049 г/см³; через 8 – 1,036 г/см³. Зниження густини яйця до 1,015 свідчить про глибокий автоліз його жовтка і білка і непридатність для харчових цілей.

Біохімічні зміни, що протікають у яйці за зберігання, тісно пов'язані із втратою води, внаслідок чого відбувається її перерозподіл між жовтком, білком та розрідженою щільною фракцією білка. При цьому слабшають градинки (халази), втрачаючи здатність утримувати жовток у центрі яйця. Так як густина жовтка менша за густину білка, то він спливає на поверхню, і якщо яйце довго залишається у незмінному положенні, присихає до підшкаралупової оболонки.

Еластичність жовткової оболонки та пов'язана з нею форма жовтка є критеріями в оцінці якості яєць. У свіжому яйці жовток є півкулею, його індекс дорівнює 0,40–0,42. Жовток старого яйця має майже плоску поверхню, а за індексу жовтка 0,25, жовткова оболонка розривається.

У процесі зберігання яєць у холодильнику лужна та слаболужна реакція білка може стати кислою внаслідок того, що під впливом власних ферментів та мікроорганізмів з основного протеїну яєчного білка альбуміну утворюються альбумози та пептони, які мають кислу реакцію. Ця небажана зміна в яйцях може бути зведена до мінімуму шляхом зниження температури зберігання до рівня, близького до точки замерзання яєць.

Під час холодильного зберігання яєць у їх вмісті внаслідок розпаду альбуміну та ліпідів жовтка накопичуються фосфатиди та збільшується кількість аміачного азоту з 1,8–2,2 % на початку зберігання до 3,1–4,0 % через 9 міс.

Зниження температури зберігання до –3...–3,5 °С навіть до –4 °С викликає порушення шкаралупи, і яйця зберігаються без зміни сортності. Тільки за температури –5 °С виявляються яйця з шкаралупою, що лопнула. Вважають, що гранична температура зберігання становить –3,7 °С. За таких умов збільшується в'язкість білка та жовтка, втрати води зводяться до мінімуму.

Зберігання яєць у переохолодженому стані (проти нормальної температури – 1,0...–1,5 °С) дозволяє підтримувати більш високу вологість, збільшити в'язкість білка та жовтка. Все це сприяє захисту яєць від небажаних змін, які зазвичай відбуваються за тривалого зберігання.

Зберігання яєць у холодильниках є одним з найбільш розповсюджених методів, який широко використовується і в нашій країні. Для зберігання яєць у холодильниках використовують спеціально відведені камери, які перед завантаженням ретельно миють і дезінфікують, а стіни білять вапном. На зберігання дозволяється закладати яйця високої якості, тому що навіть удосконалені методи консервування не зберігають їх якість, якщо псування почалось до початку зберігання. Існують регламентовані показники якості і безпеки яєць (табл. 37).

Таблиця 37. Показники якості і безпеки яєць

Показники безпеки	Допустимі рівні, мг/кг, не більше	Показники безпеки	Допустимі рівні, мг/кг, не більше
Токсичні елементи:		Пестициди:	
Плюмбум	0,3	базудін	не допускається
Кадмій	0,01	ДДТ та його метаболіти	0,1
Арсен	0,1	Карбофос, метафос, хлорофос	не допускається
Ртуть	0,02	Мікотоксини:	<0,0005
Купрум	3,0	афлатоксин В1	
Цинк	50,0	Мікробіологічні показники:	
У жовтку не менше, мкг/г	6,0	БГКП (колі-форми), маса продукту (г), у якому не допускається	0,1
вітамін А		Патогенні мікроорганізми,	5×25
каротиноїди	15,0	у т. ч. сальмонели	
вітамін В ₂	4,0	Радіонукліди Бк/кг	
У білку, мкг/г:	2,0	Цезій-137	6
вітамін В ₂		Стронцій-90	2

Зберігання яєць у холодильниках – найбільш ефективний метод, проте існують інші способи запобігання псуванню яєць.

6.3. ЗБЕРІГАННЯ ЯЄЦЬ У ВАПНЯНОМУ РОЗЧИНІ

Зберігання яєць у розчині вапна використовують, за відсутності холодильних ємностей. Цей метод заснований на ізоляції яєць від повітря і мікроорганізмів шляхом занурення їх у вапняну воду.

Для зберігання яєць у вапняному розчині використовують насичений розчин гашеного вапна за температури не вище за 10 °С, термін зберігання не більше 4 місяців.

Для вапнування яєць використовують негашене вапно із розрахунку 500 г на 100 л води. Після гасіння його відстоюють і використовують прозору надсадову рідину. Зберігання яєць у розчині вапна не повинно перевищувати чотирьох місяців. Після закінчення зберігання яйця просушують, сортирують і пакують. Тару маркують з позначкою “вапновані” (скорочено В).

Шкаралупа яєць, які зберігались у розчині вапна, має ліловий відтінок і слабкий наліт вапна. У разі варіння такі яйця лопаються, тому, щоб попередити розтріскування шкаралупи, необхідно проколоти тупий кінець яйця голкою. Яйця за такого методу консервування мають специфічний присмак, їх використовують здебільшого у хлібопекарному виробництві. У сучасних умовах зберігання яєць у розчині вапна практично не використовують.

6.4. ЗБЕРІГАННЯ ЯЄЦЬ У ШТУЧНИХ ОБОЛОНКАХ

Використовуються способи нанесення на шкаралупу спеціального покриття з парафіно-каніфольної суміші, мінеральних масел, синтетичних речовин тощо. Термін зберігання яєць свійської птиці залежить від умов зберігання.

Забруднені яйця схильні до псування, особливо у теплу пору року. Можливість бактеріальної засіяності особливо висока у разі забрудненні яєць послідом, шкаралупа яких не тільки містить багато бактерій, але, зневоджуючись, стає більш проникливою для мікроорганізмів. Забруднені яйця як миті, так і немиті, швидко псуються, тому їх довго зберігати не рекомендують. На зберігання повинні надходити яйця, розсортовані за видами і категоріями, без дефектів. Мити яйця навіть чистою водою забороняється.

Нині застосовують зберігання яєць, оброблених *високомолекулярними водорозчинними плівкоутворюючими речовинами* (ВІР). Для нанесення плівкових покриттів на

поверхню шкаралупи використовують високомолекулярні водорозчинні плівкоутворювальні речовини, стійкі до зовнішніх впливів, зокрема полівініловий спирт, метилцелюлозу та натрієву сіль карбоксиметилцелюлози. Ці речовини використовуються у харчовій промисловості як наповнювачі, загусники та емульгатори.

Обробку яєць ВПР рекомендується проводити 3–4 % розчином за температури 70 ± 2 °С. Покриття здійснюється за допомогою спеціальних машин. Яйця поміщають у касети і занурюють у розчин ВПР, нагрітий до 100 °С впродовж 8–10 сек. Обробку яєць таким способом особливо доцільно проводити у разі їх зберігання у не охолоджених, тимчасових приміщеннях. Плівка із полівінілового спирту не погіршує товарного вигляду яєць, за потреби її можна легко видалити теплою водою.

Яйця, оброблені зазначеними речовинами, слід зберігати за температури 0–2,5 °С та відносній вологості повітря 70–75 %. Процес старіння яєць із штучною оболонкою значно сповільнюється, зменшуються також втрати яєць від бою під час транспортування та реалізації.

Зберігання яєць, оброблених *олією для покриття яєць* (ДПЯ). Найбільш перспективним способом зберігання є створення тонкої штучної оболонки, яка утворюється на шкаралупі яєць у результаті обробки їх вазеліном, різними мінеральними оліями, лаками, плівкоутворюючими речовинами. Найбільше застосування отримали менш схильні до окиснення мінеральні олії та плівкоутворювальні речовини.

Спеціальна олія для покриття яєць є вузькою фракцією медичної вазелінової олії (парафінові вуглеводи з присутністю нафтена), вона прозора, безбарвна, не має запаху і смаку. У результаті покриття мінеральною олією товарний вигляд та смакові якості яєць не змінюються. Тонка швидковисихаюча плівка добре закупорює пори. Покриття мінеральною олією провадиться на спеціальній машині.

Яйця 1-ої категорії, оброблені мінеральною олією (100 °С, 10 с), за зберігання 2,5 міс. зменшилася у масі на 1,2 %, тоді як необроблені яйця в аналогічних умовах зберігання втратили 4 %. Висота повітряної камери у перших склала 5,1 мм, у других – 7,2 мм. За період зберігання в партії необроблених яєць із першої

до другої категорії було переведено 90–91 % яєць, а в партії оброблених – 12–17 % яєць.

Підвищена стійкість яєць, оброблених таким способом, за зберігання в звичайних умовах має значення для невеликих складів, необладнаних холодильними установками.

Для зберігання яєць також застосовують *парафіно-каніфольний препарат*, який містить 15 % розчиненого білого парафіну, 15 % каніфолі (світлих марок) та 70 % розчинника (трихлоретилену, дихлоретану або етилового спирту). Попередньо каніфоль витримують за температури 250 °С протягом 3 год з домішкою 3 % вапна, щоб усунути липкість препарату.

Відсортовані доброякісні яйця вкладають у дротяні кошики, опускають на 5–7 сек у ванну з препаратом, нагрітим до 35–40 °С. Протягом 10–15 хв після вилучення яєць із ванни препарат стікає, а потім яйця просушують на повітрі на дерев'яних або металевих ґратах. У такому стані вони готові до відправки на зберігання. Витрата препарату на одне яйце становить 0,2–0,3 г.

Попередня *стерилізація яєць* у гарячій воді за температури 95–100 °С впродовж 5–7 с або за 58–60 °С протягом 10 хв дозволяє запобігти їх псуванню у разі зберігання. За короткочасної високотемпературної стерилізації згорання білка не відбувається, а виникає лише незначна стабілізація тонкого рідкого зовнішнього шару, що примикає до підшкаралупової плівки, яка під дією теплової обробки стає більш щільною, ніж у необроблених яйцях. Зміни фізико-хімічних властивостей у оброблених яєць після місячного зберігання менші, ніж у необроблених. Піноутворюваність білка в оброблених яйцях становить 69 %, індекс жовтка – 0,421, вміст щільного та рідкого білка – відповідно 44,5 та 55,5 %, а в не оброблених – 63 %, індекс жовтка – 0,400, вміст щільного та рідкого білка – відповідно 30,3 та 69,7 %.

За *пастеризації* яєць у воді з температурою 58–60 °С протягом 10 хв відбувається глибша стабілізація периферичних шарів білка, що знижує його піноутворювальну здатність. Інші фізико-хімічні показники мало відрізняються від показників, отриманих під час аналізу стану яєць, пастеризованих першим способом. Після пастеризації відзначається помітне зниження кількості мікроорганізмів на поверхні шкаралупи, як на початку зберігання, і після 6-місячного терміну.

6.5. ЗБЕРІГАННЯ ІНКУБАЦІЙНИЙ ЯЄЦЬ

Зберігання інкубаційних яєць проводять у відповідному газовому середовищі. У промислових масштабах використовують зберігання інкубаційних яєць у плівкових пакетах (лавсанполіетиленових). За такого зберігання уповільнюються процеси зниження якості та кислотності білка. З часом газове середовище у герметичному пакеті змінюється, концентрація вуглекислого газу збільшується, а кількість кисню, який необхідний для дихання яєць зменшується.

Зберігання яєць у *вуглекислому газі*. Відомо, що за довготривалого зберігання яєць реакція середовища білка, яка у свіжому яйці становить 7,6 стає більш лужною (рН 9,0–9,5). Реакція середовища жовтка слабокисла (рН 6,0). Для розвитку ембріону оптимальним є слаболужне середовище білка (рН 8,2–8,8). Дослідженнями встановлено, що зберігання яєць у CO₂ впродовж 7-ми діб знижувало виводимість, а впродовж 14 діб – підвищувало. Це обумовлено тим, що за однотижневого зберігання у CO₂ якість білка не знизилася достатньою мірою, а наявність CO₂ позитивно впливає за довготривалого зберігання. Для підтримки рН білка на рівні свіжезнесених яєць доцільно їх зберігати в атмосфері 2–3 % CO₂ за 0 °С та 3–4,5 % CO₂ за кімнатної температури. Білок свіжих яєць є перешкодою для дифузії газів, що неминуче призводить до загибелі ембріону.

Зберігання яєць у *газоподібному азоті*. З цією метою використовують лавсанполіетиленові мішки або спеціальні шафи з дверима, які герметично зачиняються. Існує низка досліджень, які підтверджують доцільність застосування цього методу. Азот, замінюючи кисень у просторі навколо яйця, уповільнює процеси “старіння”. Пропонується перед закладанням на зберігання яєць здійснювати їх обробку в умовах вакууму газоподібним азотом 95–98 % концентрації, а перед інкубацією – сумішшю газів, до складу якої входить кисень (85–90 %), озон (1,5–3,0 %) та вуглекислий газ (10–15 %). Склад газового середовища у разі зберігання яєць є не менш важливим, ніж інші параметри (температура, вологість, швидкість руху повітря тощо), проте у літературі досить мало інформації щодо кількісних та якісних змін, які відбуваються у яйцях за різного складу повітря.

З метою зниження негативного впливу на морфо-біохімічні та інкубаційні якості яєць досліджували дію іонів та *наночастинок срібла*. Бактерицидні властивості срібла відомі давно та мають широке застосування у біології. Механізм впливу на мікроорганізми полягає в тому, що Ag сорбується їх клітинною оболонкою, потрапляє всередину клітини та блокує активність ферментів, внаслідок чого мікробіота гине. Ефект знищення бактерій препаратами срібла дуже високий, він на порядки більший, ніж дія інших сильних окиснювачів (карболової кислоти, Хлору, гіпохлориду натрію, хлорного вапна) у цих же концентраціях. Не дивлячись на широке використання препаратів срібла з метою знезараження і консервації продукції у харчовій промисловості, в літературі відсутні дані про можливість їх використання для обробки поверхні яєць з метою дезінфекції. Вони нешкідливі в малих концентраціях як для зародків птиці, що розвиваються, так і для обслуговуючого персоналу. Препарати, що містять Ag можуть бути дезінфектантами, які використовуються в сільському господарстві.

Важливим перспективним напрямком в удосконаленні існуючих технологій інкубації є використання *біоміметичних* (*bios* – життя, *mimesis* – схожість) принципів, основою яких є імітування природних структур клітин, тканин, органів за допомогою натуральних, екологічно безпечних і штучних складових з метою досягнення максимально високого рівня подібності структурно функціональних характеристик курячого яйця. Яскравим прикладом біоміметичного підходу до розроблення сучасних технологій у птахівництві є технологія “штучна кутикула”, яка використовується для захисту інкубаційних яєць сільськогосподарської птиці та полягає в створенні на поверхні яйця біоцидної газопроникної захисної плівки, ідентичною за структурно функціональним параметрам природною глікопротеїнів кутикулі пташиних яєць. Основну складність у конструюванні штучних захисних структур, подібних за морфо-функціональними показниками природній кутикулі, що складається із глікопротеїнів, є підбір органічної речовини бажано природного походження, яка б легко утворювала тонкошарову плівку на поверхні яйця і поєднувала у собі такі характеристики: еластичність, здатність модулювати швидкість дифузії газів через неї (керовану

газопроникність в залежності від складу), екологічну безпеку та мала б потужну біоцидну активність щодо патогенних бактерій та вірусів. Такою органічною речовиною є добре відома речовина – хітозан (полі-N-ацетил-D-глюкозамін) $(C_6H_{12}O_5N)_n$. Хітозану притаманні потужні біоцидні властивості щодо контамінації патогенною мікрофлорою (бактерій та вірусів). Захисна плівка з хітозану утворюється на зовнішній поверхні шкаралупи шляхом випаровування розчинника (водні розчини пероксидних сполук та органічних кислот) і являє собою полікомпонентне покриття для покращеної активації відновлення та захисту бар'єрних властивостей біокерамічних структур шкаралупи і шкаралупових мембран, якому властива біоцидна дія, а також здатність покращити газообмін ембріонів впродовж періоду інкубації та сприяти активізації процесів обміну речовин у тканинах ембріону та підвищити якість молодняка птиці.

Часто яйця зберігають без шкаралуп у замороженому вигляді як суміш яєчних білків і жовтків, або окремо білків і жовтків, іноді у висушеному стані. Таке зберігання змінює фізико-хімічні властивості і харчову цінність яйця як харчового продукту. Після розморожування продукту чи його сухого порошку типові властивості пташиного яйця не відновлюються. Основна маса яєць реалізується у шкаралупах (близько 85 %).

Дослідження вчених побудували міцний фундамент для дослідження наведеної тематики та розробки сучасної, природної та безпечної для навколишнього середовища штучної захисної кутикули. Нині за допомогою методів “зеленої” хімії проводяться розробки захисних покриттів для зберігання яєць.

У цілому, оптимізація умов зберігання в цілому зводиться до використання заходів, які сприяють максимальному стриманню процесів біологічного “старіння” яйця. Застосування таких прийомів ефективні лише тоді, коли їх починають застосовувати з перших днів зберігання.

Безперечно, як і у випадку впровадження усякого нового матеріалу, що буде знаходитися в контакті з харчовими продуктами, важливо вивчати можливість проникнення цих покриттів у яйця та оцінювати рівень ризику для здоров'я людини.

6.6. ВИГОТОВЛЕННЯ ЯЙЦЕПРОДУКТІВ – СПОСІБ ЗБЕРІГАННЯ ЯЄЦЬ

На сучасному ринку низки країн присутня значна кількість яєчних продуктів, представлена двома основними групами: харчовою та нехарчовою.

Група *нехарчової продукції* включає в себе білкові фракції – лізоцим, овомукоїд, імуноглобулін, а також фосфоліпіди, ліпопротеїди тощо. Нехарчова продукція використовується у фармацевтичній, косметичній, хімічній та інших галузях промисловості. Проте частка застосування продуктів переробки яйця нехарчовими галузями промисловості незначна. Окрім того дана продукція є наукомісткою та дороговартісною, що в сотні разів перевершує вартість харчових видів яєчної продукції.

Група *харчових продуктів*, у свою чергу, поділяється на дві підгрупи: продукція для промислового споживача та для домашньої кулінарії та підприємств ресторанного господарства.

Продукція для промислового споживача – меланж, білок, жовток в рідкому, замороженому і сухому вигляді. Споживачами яєчних продуктів в Україні є кілька галузей харчової промисловості: олійножирова, кондитерська, макаронна, хлібобулочна, м'ясо- та молокопереробна галузі.

Продукція для домашньої кулінарії та підприємств ресторанного господарства, це передусім, напівфабрикати – спеціально упаковані й оброблені рідкі цілі яйця з тривалим терміном зберігання за температури 16–18 °С, заморожені цілі яйця в спеціальній упаковці, сухі омлети, продукти сублімаційного сушіння з різноманітною начинкою чи без неї, зварені круто яйця, а також готові продукти в охолодженому і замороженому вигляді – яєчні рулети, омлети з сиром, фаршировані яйця тощо.

Для підвищення стійкості яєць під час зберігання та полегшення їх транспортабельності виготовляють заморожені, рідкі та сухі продукти переробки яєць, які являють собою вміст яйця в цілому (меланж) або окремі його фракції – білок та жовток.

Заморожені яйцепродукти: *яєчний меланж* – суміш яєчних білків та жовтків або окремо білкова та жовткова маси, звільнені від шкаралупи, профільтровані, пастеризовані, охолоджені, розфасовані та швидкозаморожені за температури від –18 °С до –

25 °С. У виробництві меланжу не використовуються яйця водоплавних птахів і вапняні курячі яйця через високий ризик зараження сальмонелою.

У разі заморожування і зберігання меланжу всі групи мікроорганізмів відмирають: за 6 місяців зберігання кількість сальмонел може зменшитися у 1000 разів, бактерій групи кишкової палички – у 100 разів, загальне бактеріальне обсіменіння – у 40 разів. Хоча повної загибелі мікроорганізмів у меланжі не спостерігається.

Якість заморожених яйцепродуктів оцінюють за такими *органолептичними* показниками. *Зовнішній вигляд і консистенція* у замороженому вигляді – тверда, після розморожування – рідка. *Колір* у замороженому вигляді для меланжа – темно-оранжевий, для замороженого білка – від біло-палевого до жовтувато-зеленого, жовтка – палево-жовтий. Після розморожування колір меланжу – від світло-жовтого до світло-оранжевого, жовтка – жовтий, білка – палевий. *Смак та запах* заморожених яєчних продуктів повинні бути властивими, без сторонніх присмаків і запахів. Фізико-хімічні показники яйцепродуктів повинні відповідати нормам (табл. 38).

Таблиця 38. Фізико-хімічні показники яйцепродуктів

Вид продукту	Масова частка, %, не менше			Розчинність, %	рН	Кислотність, °Т
	суха речовина	жир	білкові речовини			
Меланж рідкий (також розморожений)	25,0	10,0	10,0	-	≥7,0	15,0
Жовток рідкий (також розморожений)	46,0	27,0	15,0	-	≤5,9	30,0
Білок рідкий (також розморожений)	11,8	Сл.	11,0	-	≥ 8,0	-
Яєчний порошок	91,5	35,0	45,0	≥ 85	-	10,0
Сухий жовток	95,0	50,0	35,0	≤40	-	35,0
Сухий білок	91,0	-	85,0	≥90	≥7,0	-

Харчова цінність меланжу ідентична властивостям яєць. На 100 г продукту повинно міститися 12,7 г легкозасвоюваних білків; 11,5 г жирів, що включають полі- та мононенасичені, а також

насичені жирні кислоти (олеїнову, лінолеву, ліноленову, миристинову та інші); 0,7 г вуглеводів. Калорійність становить 157 ккал. У продукті містяться вітаміни А, Е, В₂, В₁₂, мікро- та макроелементи: Цинк, Купрум, Кобальт, Фосфор, сірку, Натрій.

Рідкі яєчні продукти – це відділена від яєчної шкаралупи, пастеризована суміш білків і жовтків у природному співвідношенні. Виробляються також і “розділені” фракції рідких яєчних продуктів – рідкий яєчний білок і рідкий яєчний жовток.

Сухі яйцепродукти – яєчний порошок, сухий білок, сухий жовток отримують висушуванням яєчної маси у сушарках розпилювального типу повітрям температурою 130–135 °С, причому температура в товщі продукту, що підлягає висушуванню, не перевищує 44–47 °С. Тонко розпилена форсункою яєчна маса у потоці теплоносія швидко втрачає вологу, що надає можливість отримати продукт доброї якості, який має швидко розчинятися у воді. Для відновлення яєчного порошку на одну його частину беруть 3,5 частини води, залишають для набрякання впродовж 30–40 хв, проціджують та використовують.

У процесі зберігання лецитин, що міститься у яєчному порошок, може розпадатися, при цьому продукт набуває неприємного згірклого смаку і запаху, знижується його розчинність і здатність збиватися, колір змінюється до жовтого і коричневого. Небажаний ефект знімається видаленням з яєчної сировини глюкози. З цією метою до яєчної маси (меланжу) додають глюкооксидазу та каталазу (відповідно 11 г і 36,5 г на тонну) і залишають для ферментації на 3–4 год.

Якість сухих яйцепродуктів оцінюють за наступними *органолептичними* показниками. *Смак і запах* яєчних порошоків має бути властивим висушеному білку, жовтку або яйцю без сторонніх присмаків і запахів. *Консистенція* – порошкоподібна, припустимі грудочки, які легко розпадаються. *Колір* яєчного порошоків світло-жовтий, сухого білка – жовтувато-білий, жовтка – від світло-жовтого до жовто-оранжевого, однорідний по всій масі.

Чим менше зберігаються яйця перед сушінням, тим кращою буде якість яєчного порошоків. У сухих яйцепродуктах майже повністю відсутні умови для розвитку мікрофлори. Частина бактерій гине у процесі сушіння (причому, найшкідливіші), а ті, що

залишаються під час зберігання, не тільки не розвиваються, але й гинуть внаслідок малої вологості порошку.

Мікробіологічні показники, харчові добавки і вміст токсичних елементів, мікотоксинів, антибіотиків, гормональних препаратів і пестицидів у яєчних продуктах не повинні перевищувати рівні, що встановлені державними органами охорони здоров'я й відображені у відповідній нормативно-технічній документації.

6.7. ЗМІНИ ЯЄЦЬ ЗА КУЛІНАРНОЇ ОБРОБКИ

Фосфоропротеїни жовтка – вітелін, лівотин і фосвітин – містять різну кількість Фосфору і є добрими емульгаторами, що дозволяє використовувати їх під час виготовлення майонезу. Яйця містять також білки, які є антиферментами і гальмують процеси травлення. Під час теплової обробки антиферменти руйнуються й яйця засвоюються краще. Білок і жовток є концентрованими золями. У разі нагрівання білки яєць денатуруються, а потім зсідуються. Зсідання яєчного білка починається за температури 50–55 °С. Спочатку з'являється поступове помутніння, за 65 °С білок тужавіє і за 75 °С перетворюється в непрозору білу драглеподібну масу ніжної консистенції. За температури 80 °С утворюється гель, що зберігає форму, за подальшого нагрівання він стає все більш щільним. Жовток починає густішати за вищої температури (70 °С). Ціле розмішане яйце тужавіє за тієї самої температури, що і жовток. Для деяких кулінарних виробів (омлетів) яйце розводять водою або молоком. Розведене яйце дає під час зсідання гель більш ніжної консистенції, ніж натуральне. Додавання цукру до яєць підвищує температуру зсідання.

ЗАКЛЮЧЕННЯ

Галузь птахівництва на основі біологічних і економічних переваг має виняткове значення у розв'язанні продовольчої проблеми країни і доведенні норм споживання білкових продуктів до науково обґрунтованих норм, оскільки спроможна в короткі терміни значно збільшити обсяги виробництва, ефективно використати наявні трудові, матеріальні та фінансові ресурси.

Підвищення якості яєць стало актуальною проблемою сьогодення для товарних підприємств. Це зумовлено тим, що першочерговим завданням птахівництва було збільшення несучості, маси яєць, водночас мало приділялось уваги підвищенню якості яєць. Як наслідок, значне збільшення несучості призвело до скорочення терміну формування яйця, підвищило фізіологічне навантаження на організм курей-несучок, що позначилося здебільшого на якості шкаралупи та товарності яйця.

Яйця, які виробляють спеціалізованими підприємствами, повинні відповідати чинним українським і міжнародним ветеринарно-санітарним вимогам і нормам. Якість продукції птахівництва залежить від ефективного управління процесами виробництва, що включає дослідження хімічного складу яєць.

Система управління якістю і безпекою виробництва продукції ґрунтується на принципах і нормах ключових міжнародних систем і організацій, що встановлюють вимоги до виробників продуктів харчування: системи HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point – аналіз ризиків і критичних контрольних точок); належної виробничої практики (GMP); Міжнародної організації зі стандартизації (ISO); Стандарту належної сільськогосподарської практики Global G.A.P. (EurepGAP).

ЛІТЕРАТУРА

1. Агапова Є. М. Комплексний підхід до проблеми якості м'яса і яєць птиці. Птахівництво. Україна. 2020. № 1. С. 18–19.
2. Глебова Ю., Вертійчук А. Дієтичні властивості курячих харчових яєць. Птахівництво. UA. 2014. № 6. С. 24–26.
3. Гончар В. В., Якубчак О. М., Кудрявченко О. П. Вплив атаксантину та лікопіну на хімічний склад курячих харчових яєць за різних режимів зберігання. Сучасне птахівництво. 2020. № 5–6. С. 18–25.
4. ДСТУ 5028:2008. Яйця курячі харчові. Технічні умови: затв. наказом Держстандарту України від 12 червня 2008 р. №192. Київ. 2008. 27 с.
5. Каркач П.М., Машкін Ю.О., Фесенко В.Ф. Практичні аспекти біології сільськогосподарської птиці: Навч. посібник – Біла Церква, 2023. – 171 с.
6. Катеринич О., Панькова С. Що потрібно знати фермеру про якість яєць і можливості її покращення. Птахівництво. UA. 2018. № 11. С. 10–12.
7. Коливай В. Що впливає на якість яєць. Наше птахівництво. 2020. № 5. С. 86–89.
8. Мельник В. Органічне чи кліткове утримання. Наше птахівництво. 2018. № 2. С. 32–36.
9. Методи визначення фальсифікації товарів / А. А. Дубініна та ін. Київ: ВД “Професіонал”, 2010. 238 с.
10. Практикум із годівлі сільськогосподарських тварин: навч. посіб. / І. І. Ібатулін, В. Д. Кононенко, В. Д. Столюк та ін.; під ред. акад. УААН І. І. Ібатуліна. К.: Аграрна освіта, 2009. 328 с.
11. Палій А. Вади шкарлупи яєць: причини виникнення. Птахівництво. UA. 2019. № 5. С. 24–25.
12. Патрева Л.С., Коваль О.А. Технологія виробництва продукції птахівництва: курс лекцій. Миколаїв: МДАУ, 2008. 281с.
13. Патрева Л.С., Люта І.М. Виробництво харчових яєць. Методичні рекомендації для виконання практичних занять та самостійної роботи для здобувачів вищої освіти СВО “Магістр” спеціальності 204 “Технологія виробництва та переробки продукції тваринництва” денної форми навчання. Миколаїв, 2021. – 67 с.

14. Побережець Ю. М. Якість яєць, продуктивність та біохімічні показники крові перепелів за згодовування пробіотика. Аграрна наука та харчові технології. 2019. Вип. 1. С. 45–53.

15. Пономаренко Н.В. Цехмістренко С.І. Ліпідний склад жовтка яєць та грудного м'язу перепелів // Екотрофологія. Прогрес, проблеми, перспективи екологічно безпечного виробництва. Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 10-річчю кафедри екотрофології БНАУ. – Біла Церква, 2013. – С. 114–115.

16. Правила ветеринарно-санітарної експертизи яєць свійської птиці: затв. наказом Головного державного інспектора ветеринарної медицини від 07.09.2001 № 70, зареєстр. в Міністерстві юстиції України 27.09.2001 за № 850/6041. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0850-01>

17. Прокудіна Н. Вік як визначальний чинник. Наше птахівництво. 2020. № 3. – С. 16–19.

18. Прокудіна Н. Вікова залежність. Наше птахівництво 2020. № 4. С. 18–19.

19. Прокудіна Н. Чинники негативного впливу. Наше птахівництво. 2019. № 1. С. 24–27.

20. Прокудіна Н. Якість яєць і вік несучки. Наше птахівництво. 2020. № 3. С. 20–22.

21. Прудніков В.Г., Лисенко Г.Л., Леппа А.Л., І.М. Гейда І.М.. Практикум з технології переробки продукції тваринництва. Частина I. X. : ПРОМАРТ. 2017. 104 с.

22. Птахівництво і технологія виробництва яєць та м'яса птиці: підруч. для студ. вищ. агр. навч. закл. / Бесулін В.І. та ін.; за ред. В.І. Бесуліна. Біла Церква, 2003. 448 с.

23. Тагіров, М. Т. (2010). Використання нанопокриття шкаралупи сріблом для збереження інкубаційних якостей яєць, які зберігаються тривалий час. *Біологія тварин*, 12, № 2. – 481–490.

24. Технологія виробництва продукції птахівництва.: навч. посібн./ Бородай В.П. та ін. Київ.: Агроосвіта, 2013. 272 с.

25. Хайлов Є. Якість яйця. Наше птахівництво. 2018. № 3. С. 50–52.

26. Цехмістренко С.І., Бітюцький В.С., Цехмістренко О.С., Демченко О.А., Тимошок Н.О., Мельниченко О.М. Екологічні біотехнології “зеленого” синтезу наночастинок металів, оксидів

металів, металоїдів та їх використання: наукова монографія. Біла Церква, 2022. 270 с.

27. Цехмістренко С.І., Пономаренко Н. В. Вплив додавання до раціону перепелів зерна амаранту на ліпідний склад тканин підшлункової залози, скелетних м'язів та жовтка яєць // Ефективні корми та годівля: Спеціалізований журнал з питань кормів та годівлі. – 2008. – № 6 (30). – С. 15–17.

28. Цехмістренко С.І., Пономаренко Н.В. Вплив додавання до раціону перепелів зерна амаранту на ліпідний склад тканин підшлункової залози, скелетних м'язів та жовтка яєць // Укр. біохім. журн., 2007, Т. 79, № 4. – С.110–113.

29. Чех, О.О., Бордунова, О.Г., Чиванов, В.Д., Чех, А.А., Бордунова, О. Г., & Чиванов, В.Д. (2021). Біоміметична технологія передінкубаційної обробки яєць курей “штучна кутикула” «GREEN ARTICLE» $\text{TiO}_2 \text{ Fe}_2\text{O}_3$. Вісник Сумського національного аграрного університету, 3 (46), 95–99.

30. Шевчик Р. С., Кунева Л. В., Самойлюк Г. В. Вплив способів обробки та зберігання на якісні показники харчових курячих яєць. Птахівництво. Україна. 2021. № 7. С. 24–25.

31. Шоміна Н. В., Байдевятова О. М. Причини зниження інкубаційних якостей яєць при тривалому зберіганні. Птахівництво. Україна. 2020. № 3. С. 12–15.

32. Як вибрати якісні яйця: корисні підказки. Птахівництво. Україна. 2020. № 2. С. 36–37. 17 Розділ 2 Е

33. Polishchuk V.M., Tsekhmistrenko S.I., Polishchuk S.A., Ponomarenko N.V., Rol N.V. Age-related characteristics of lipid peroxidation and antioxidant defense system of ostriches (*Struthio camelus domesticus*) // Ukrainian Journal of Ecology. –2020.– 10(1). – P. 168-174.

34. Eke M.O., Olaitan N.I., Ochefu J.H., Effect of Storage Conditions on the Quality Attributes of Shell (Table) Eggs. Nigerian Food Journal. Vol.31. Iss.2. 2013. 18–24 p.

35. Saleh G., El Darra N., Kharroubi S., Farran M.T. Influence of storage conditions on quality and safety of eggs collected from Lebanese farms. Food Control. Vol.111, May 2020.

36. 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.

КОРОТКИЙ СЛОВНИК БІОЛОГІЧНИХ ТЕРМІНІВ

Авітамінози – хвороби, які виникають у результаті відсутності в їжі певного вітаміну або порушення його засвоєння.

Адаптація – пристосування будови і функцій організмів до умов існування.

Азотистий баланс – співвідношення між кількістю азотовмісних речовин, які надходять в організм і виділяються із сечею, калом та потом. Він буває позитивним, негативним і нульовим (або азотиста рівновага). Азотиста рівновага – стан, за якого кількість азоту, що надходить і виводиться, однакова.

Активатор – речовина, яка підвищує активність ферменту або переводить фермент з неактивного стану в активний.

Активна реакція середовища – реакція середовища, яка визначається концентрацією іонів Гідрогену H^+ або гідроксильних іонів OH^- . Швидкість і напрямок біохімічних процесів, що лежать в основі життєдіяльності організму, залежать від активної реакції середовища. Вона визначається водневим показником (pH).

Активний транспорт – енергозалежний транспорт розчиненої речовини через біомембрани в напрямку підвищеної концентрації (проти градієнта концентрації).

Активний центр – ділянка на поверхні молекули ферменту, що бере участь у зв'язуванні, орієнтації та активуванні субстрату. Утворюється функціональними групами амінокислотних залишків. Часто в побудові активного центру беруть участь коферменти або катіони металів.

Алкалоз – форма порушення кислотно-лужної рівноваги, що характеризується зміною співвідношення між аніонами кислот і катіонами основ крові в бік збільшення катіонів. Розрізняють алкалоз газовий або дихальний (респіраторний), зумовлений підвищеною елімінацією вуглекислоти; алкалоз обмінний (метаболічний), пов'язаний із порушенням обміну “нелетких” кислот і основ.

Альбуміни – прості глобулярні білки, що становлять основну масу розчинних білків рідин і тканин організму тварин, виконують транспортну функцію – зв'язування і перенесення кров'ю вітамінів, гормонів, мікроелементів.

Амінокислоти – карбонові кислоти, що містять одну або дві аміногрупи, мономери білків. Специфічна послідовність амінокислотних залишків у поліпептидному ланцюзі формують первинну структуру білка.

Амінокислоти замінні – амінокислоти, які синтезуються в організмі в кількостях, необхідних для забезпечення синтезу специфічного білка. В організмі людини до них належать: аланін, аспарагінова кислота, аспарагін, цистеїн, глутамінова кислота, глутамін, гліцин, пролін, серин, тирозин.

Амінокислоти незамінні – амінокислоти, які не синтезуються в організмі або синтезуються недостатньо швидко; повинні надходити ззовні з їжею чи кормом. Незамінними амінокислотами є: аргінін, гістидин, ізолейцин, лейцин, лізин, метіонін, фенілаланін, треонін, триптофан, валін.

Анаболізм – сукупність біохімічних реакцій, спрямованих на утворення й оновлення структурних елементів і тканин за рахунок синтезу складних молекул із простих. Анаболічні процеси відбуваються за рахунок енергії катаболічних процесів.

Антиметаболіти – речовини, які за хімічною будовою близькі до природних сполук (метаболітів), можуть заміщувати їх у біохімічних реакціях. Проте антиметаболіти не можуть забезпечити нормальний перебіг реакцій, що зумовлює зміну процесів обміну речовин.

Антиоксиданти – сукупність чинників, спрямованих проти руйнування клітинних мембран вільними радикалами і пероксидами.

Антитіла, або імуноглобуліни (Ig) – білкові сполуки, які організм хребетних тварин виробляє у відповідь на антигени, чужорідні речовини, що потрапляють до крові, лімфи або тканин організму з метою знищити або нейтралізувати потенційно небезпечні з них – бактерії, віруси, отрути та деякі інші речовини.

АТФ-аза – фермент, що гідролізує АТФ до АДФ і фосфату, дія якого супроводжується затратою енергії.

Ацетил-КоА – ацетильована форма коферменту А, що утворюється у вигляді проміжного продукту у разі перетворення різних субстратів (вуглеводів, білків, ліпідів), яка бере участь у циклі Кребса, а також у процесах біосинтезу жирних кислот,

холестеролу тощо. Надлишок ацетил-КоА може для зберігання трансформуватися на жир або з'являтися у вигляді кетонових тіл.

Ацетилхолін – складний етер холіну та оцтової кислоти; нейромедіатор нервової системи, який перебуває в комплексі зі специфічними білками у неактивному стані.

Ацидоз – стан організму, за якого настає розлад кислотно-лужної рівноваги. Він характеризується підвищенням концентрації водневих іонів.

Білки – протеїни, високомолекулярні органічні сполуки, що складаються з однієї або декількох поліпептидних ланцюгів, кожна з яких містить 100 і більше амінокислотних залишків, з'єднаних пептидними зв'язками. Для кожного білка характерна певна послідовність амінокислотних залишків у поліпептидних ланцюгах і молекулярна маса.

Біфідобактерії – рід анаеробних грам-позитивних бактерій. Є представниками нормальної мікрофлори кишечника, кількісно складають більшу частину бактерій товстого кишечника.

Бродіння – окисно-відновний процес перетворення органічних речовин, що відбувається за анаеробних умов, до різних кінцевих продуктів – молочної, масляної, пропіонової кислот, етилового спирту тощо.

Буферні розчини – розчини, що підтримують певні значення рН середовища. Це значення залежить від співвідношення концентрацій компонентів розчину, що знаходяться в хімічній рівновазі і слабко змінюються за розведення, концентрування та введення невеликих кількостей різних електролітів.

Вітаміни – низькомолекулярні органічні сполуки різної хімічної природи, присутність яких у харчових продуктах в незначних кількостях (мг і мкг) є обов'язковою: більшість вітамінів є складовою частиною коферментів.

Водневий показник (рН) – показник відносної концентрації протонів у розчині. рН чисельно дорівнює від'ємному десятковому логарифму концентрації іонів Гідрогену в розчині. рН змінюється в діапазоні від 0 до 14: у нейтральному розчині рН дорівнює 7, кислому – менше 7, у лужному – більше 7.

Всмоктування, ресорбція – процес переходу речовин через слизову оболонку, головним чином травного тракту, у кров та лімфу. У всмоктуванні беруть участь клітинні органіди:

мітохондрії, комплекс Гольджі, ендоплазматична сітка. Проникнення речовин через клітинні мембрани шляхом пасивного (дифузія, осмос, фільтрація) та активного (за участі специфічних переносників і затратою енергії) транспорту.

Генотип – сукупність усіх генів клітин, тобто носія генетичної інформації, що контролює формування всіх ознак організму.

Гідролази – клас ферментів, які каталізують реакції гідролізу, тобто розщеплення хімічних зв'язків із приєднанням за місцем розриву іонів води.

Гіпоксія – киснева недостатність, кисневе голодування. Цей стан виникає у разі недостатнього надходження в тканини організму кисню або порушення його використання в процесі біологічного окиснення.

Гіпервітаміноз – стан, викликаний надлишком спожитого або введеного того чи іншого вітаміну.

Глобулярні білки – білки, поліпептидний ланцюг яких згорнутий з утворенням глобул (кулястих клубків).

Глюконеогенез – біосинтез вуглеводів із неуглеводних метаболічних попередників: кетокислот, глюкогенних амінокислот, гліцерилу та продуктів катаболізму жирних кислот із непарною кількістю вуглецевих атомів у вуглеводневому ланцюзі.

Гниття – розклад азотовмісних органічних сполук за участі протеолітичних ферментів мікроорганізмів до амінокислот, які за декарбоксилування та дезамінування перетворюються до NH_3 , H_2S , CO_2 , органічних кислот, амінів та інших сполук, у тому числі токсичних (кадаверин, путресцин) та зловонних (індол, скатол, меркаптани).

Гомеостаз – сукупність складних пристосувальних реакцій організму людини і тварин, які спрямовані на усунення або максимальне обмеження дії різних чинників зовнішнього або внутрішнього середовища, що порушують відносно динамічну сталість внутрішнього середовища організму.

Гормони – біологічно активні речовини, що виділяються в кров та лімфу залозами внутрішньої секреції, або скупченнями спеціалізованих клітин організму і мають специфічну дію на інші органи і тканини.

Дегідрогенази – ферменти класу оксидоредуктаз, які каталізують реакції відщеплення Гідрогену від одного субстрату і

переносять його на інший. Беруть участь у процесах катаболізму всіх типів поживних речовин (нутрієнтів).

Дезоксирибонуклеїнова кислота (ДНК) – носій генетичної інформації в клітині; побудована з полінуклеотидних ланцюгів. Нуклеотиди містять пуринові та піримідинові основи (аденін, гуанін, тимін, цитозин), дезоксирибозу і залишок фосфатної кислоти.

Денатурація – порушення природної структури білків. Зазвичай вона супроводжується незворотним зменшенням розчинності білків і втратою їх біологічної активності.

Детоксикація – зменшення токсичних властивостей речовини через хімічні зміни в організмі створенням сполуки, що менш токсична чи легко виводиться з організму.

Дихальний ланцюг – локалізована в мітохондріях послідовність ензимів (цитохромів), що здійснюють перенесення електронів від субстратів на Оксиген.

Дихальний коефіцієнт – співвідношення виділеної за певний проміжок часу вуглекислоти і об'єму поглинутого кисню (CO_2/O_2). За окиснення вуглеводів дихальний коефіцієнт дорівнює 1,0; жирів – 0,7; білків – 0,8.

Жирні кислоти – карбонові кислоти, які переважно мають одну карбоксильну групу, яка приєднана до довгої, нерозгалуженої вуглеводневої ланцюга з парним числом атомів (від 14 до 24) і різним числом подвійних зв'язків (від 0 до 6).

Ізомерази – клас ферментів, які каталізують внутрішньомолекулярні реакції перебудови сполук, в тому числі взаємоперетворення ізомерів.

Імобілізовані ферменти – ті, що “прикріплені” до штучної мембранної основи або до нерозчинного у воді носія. При цьому ферменти зберігають свої каталітичні властивості.

Інгібітори – речовини різної хімічної природи, що викликають часткове або повне гальмування реакцій, що каталізуються ферментом.

Інфекційна хвороба – потрапляння та розмноження мікроорганізмів у тканинах тіла, що може бути клінічно безсимптомним або призводити до локального клінічного ушкодження внаслідок конкурентного метаболізму, токсинів, внутрішньоклітинної реплікації чи реакції антиген–антитіло.

Катаболізм (дисиміляція) – сукупність ферментативних реакцій у живому організмі, спрямованих на розщеплення складних органічних речовин (білків, жирів, вуглеводів, нуклеїнових кислот), які надходять з їжею або відкладених у самому організмі.

Кофактори – сполуки небілкової природи, за наявності яких проявляється активність ферментів. Кофакторами можуть бути іони металів, вітаміни, нуклеотиди тощо.

Ксенобіотики – чужорідні для організмів сполуки: пестициди, препарати побутової хімії, харчові сурогати та фальсифікати.

Ліази – клас ферментів, що каталізують реакції негідролітичного відщеплення від субстратів певних груп атомів з утворенням подвійних зв'язків, а також реакції приєднання атомів і груп атомів за подвійними зв'язками.

Лігази – клас ферментів, що каталізують реакції синтезу.

Ліпіди – велика група неполярних органічних сполук, нерозчинних у воді і добре розчинних у неполярних органічних розчинниках.

Макроелементи – група хімічних елементів, які надходять до складу тіл біологічних об'єктів разом з їжею із ґрунтового розчину у вигляді іонів (у рослин), або з навколишнього середовища (у тварин). Макроелементами є: O, H, C, N, P, K, Ca, Mg, S, Na, Cl.

Макроергічні сполуки – природні речовини, що містять багаті на енергію або макроергічні зв'язки, містяться в усіх живих клітинах, беруть участь у нагромадженні і перетворенні енергії. До них належить головним чином АТФ.

Метаболізм (обмін речовин) – сукупність різних хімічних реакцій окиснення, відновлення, розщеплення та синтезу, які відбуваються за участі специфічних ферментних систем і забезпечують процеси життєдіяльності, розвитку й розмноження організмів.

Метаболіти – сполуки, що утворюються у разі перетворення речовин з моменту їх надходження в організм до виділення продуктів обміну.

Мікроелементи – хімічні елементи, які в організмах є в малих концентраціях (менше соті частки відсотка) і необхідні для нормальної життєдіяльності. Налічується близько 30 мікроелементів: металів (Al, Fe, Cu, Mn, Zn, Mo, Co, Ni) та

неметалів (I, Se, Br, F, As, B). Порушення обміну мікроелементів викликає мікроеліментози.

Мітохондрії – органели еукаріотичних клітин, що забезпечують організм енергією. Мітохондрії складаються з матриксу, оточеного внутрішньою мембраною, міжмембранного простору і зовнішньої мембрани.

Нікотинамідаденіндинуклеотидфосфат (НАДФ) – кофермент, що відрізняється від НАД⁺ наявністю додаткової фосфатної групи.

Нуклеїнові кислоти – полінуклеотиди, фосфоровмісні біополімери, що мають універсальне поширення в живій природі. Нуклеїнові кислоти містять як мономери залишки дезокси- або рибонуклеотидів. Відповідно до цього розрізняють два типи нуклеїнових кислот – ДНК і РНК.

Овогенез – процес розвитку жіночих статевих клітин, у ході якого овогонії перетворюються в яйцеклітини. Розрізняють три фази овогенезу: диференціація первинних зародкових клітин, розмноження зародкових клітин та їх ріст і дозрівання.

Окиснення біологічне – сукупність реакцій окиснення в живих клітинах. Основна функція – забезпечення організму енергією, яка пов'язана із передачею так званих відновлювальних еквівалентів (протонів і електронів) від донора до акцептора. У аеробів кінцевим акцептором електронів є Оксиген. У процесі дихання вуглеводи, жири і білки зазнають багатоступінчастого окиснення, яке зумовлює відновлення окиснених коферментів до відповідних відновлювальних еквівалентів – донорів електронів для дихального ланцюга. Синтез відновлювальних еквівалентів здійснюється в циклі трикарбонних кислот. Енергія, що звільняється за біологічного окиснення, акумулюється у молекулах АТФ.

Оксидоредуктази – клас ферментів, що каталізують окисно-відновні реакції, акцепторами електронів у яких слугує кисень повітря, пероксид гідрогену або органічні пероксиди.

Пігменти біологічні (біохроми) – забарвлені речовини, що входять до складу тканин організмів. Колір пігментів визначається наявністю в них молекул хромофорних груп, які вибірково поглинають світло в певній частині видимого спектра сонячного світла. Пігментна система живих істот – ланка, що пов'язує світлові умови навколишнього середовища і обмін речовин організму.

Біологічні пігменти грають важливу роль в життєдіяльності живих істот.

Провітаміни – біологічні попередники, з яких у тваринних та рослинних організмах утворюються вітаміни.

Простагландини – біологічно активні речовини, похідні поліненасичених жирних кислот із 20 вуглецевими атомами в молекулі. Вони впливають на тонус мускулатури, знижують секрецію шлункового соку, є медіаторами алергічних реакцій тощо.

Простетична група – іон металу або органічна сполука, зв'язана з білком-ферментом, які входять до складу його активного центру.

Протеїди – складні білки, що містять небілковий компонент (простетичну групу).

Протеїни – прості білки, за повного гідролізу яких утворюються тільки амінокислоти.

Реабсорбція – процес зворотного всмоктування речовин. Здебільшого це Na^+ -залежний вторинний активний транспорт. Наприклад, зворотне всмоктування амінокислот і глюкози в ниркових каналцях.

Рибосома – органела, що складається з білка та рРНК. На рибосомах відбувається синтез білків.

Субстрат – речовина, на яку діє фермент.

Тканинне дихання – різновид біологічного окиснення, що перебігає в клітинах за участі O_2 і супроводжується виділенням CO_2 і H_2O та виробленням енергії у вигляді АТФ. Відбувається також у мітохондріях з участю ферментів дихального ланцюга.

Трансферази – клас ферментів, що каталізують зворотне перенесення різних груп атомів від молекул одних органічних сполук (донорів) до інших (акцепторів).

Третинна структура білка – просторове розташування поліпептидного ланцюга глобулярного білка в нативній згорнутій формі.

Фермент – біологічний каталізатор, обов'язковим структурним компонентом якого є білок.

Фібрілярні білки – нерозчинні білки, у яких поліпептидний ланцюг витягнутий і скручений у поздовжньому напрямку. Вони виконують захисну і структурну функції.

Хроматографія – високоефективний фізико-хімічний метод розділення і аналізу, в якому речовина розподіляється між двома фазами: рухомою і нерухомою.

Целюлоза (клітковина) – полісахарид клітинних стінок рослин, один з найпоширеніших природних полімерів, який побудований із залишків β -D-глюкоз, зв'язаних 1,4-зв'язками.

Цикл Кребса (цикл трикарбонових кислот, тканинне дихання) – циклічна послідовність ферментативних окиснювальних перетворень три- та дикарбонових кислот, що є загальним заключним етапом розпаду продуктів обміну вуглеводів, жирів та білків до CO_2 і H_2O . Це основний процес, який забезпечує клітини енергією в аеробних умовах і постачає органічні попередники для різноманітних біосинтетичних процесів. Тканинне дихання відбувається у мітохондріях клітин.

Цитохроми – клас гемовмісних білків, що знаходяться в мембранах мітохондрій і ендоплазматичного ретикулула. Атоми Ферема в молекулах цитохромів зазнають багаторазового зворотного відновлення та окиснення з послідовним перенесенням електронів у дихальному ланцюзі.

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

- Авідин, 21, 36
Авітаміноз, 61, 137
Активация, 40
Аланін, 31, 35, 37, 42
Аргентум (срібло), 17, 57, 58, 127
Аргінін, 22, 24, 26, 30, 31, 35, 37, 89, 96
Арсен (миш'як), 17, 57, 58, 122, 142
Аспарагін, 32, 138
АТФ, 42, 55, 76, 88, 92, 138, 142, 143
Ацетил-КоА, 54, 55, 56, 91, 138
Барій, 17, 57, 58
Бері-бері, 64
Білки
 денатурація, 29
 електрокінетичні властивості, 28
 молекулярно-кінетичні властивості, 28
 оптичні властивості, 28
 осадження, 28
 рівні структурної організації, 29
Біоелектричний потенціал, 14
Бродіння
 маслянокисле, 110
 метанове, 110
 молочнокисле, 110
 пропіоновокисле, 110
Бром, 17, 57, 58, 142
В'язкість, 14, 51, 113
Валін, 31, 35, 37, 42, 138
Вітамін
 D (антирахітичний), 3, 53, 61, 62, 63, 85, 99
 F, 61
 A (ретинол), 22, 23, 61, 62, 71, 94, 95, 97, 101, 102, 103, 122
 B₁ (тіамін), 64
 B₁₂ (ціанокобаламін), 3, 23, 61, 66, 131
 B₂ (рибофлавін), 3, 19, 21, 23, 61, 65, 94, 99, 122, 131
 B₃ (нікотинамід), 3, 65
 B₅ (пантотенова кислота), 21, 66
 B₆ (піридоксин), 3, 21, 23, 66
 B_c (фолієва кислота), 3, 21, 67
 E (токоферол), 61, 63, 64, 99
 K (антигеморагічний), 61, 64
 H (біотин), 21, 36, 55, 64, 68
 P (біофлавоноїди), 64
 C (аскорбінова кислота), 68
Властивості яйця
 електрофізичні, 14
 органолептичні смак, 109, 117
 теплофізичні, 12
 технологічні, 14
Водневий показник (рН)
 білка, 13, 21, 35, 113, 119, 126
 жовтка, 13, 113, 126
Галактоза, 20, 34, 53, 54, 56
Гангліозиди, 48, 53, 54
Гемоглобін, 32, 60, 73
Гідроліз
 білків, 14, 54, 114
 ліпідів, 45, 54, 55, 109
 фосфатидів, 116
Гіповітаміноз, 61
Гістидин, 32, 35, 37
Гліколіз, 59, 60, 91
Гліколіпіди, 25, 46, 48, 53, 79
Гліцерол, 23, 46, 48, 49, 50, 54, 55, 70, 79, 86, 91, 109
Гліцин, 32, 35, 37, 43, 138
Глутамін, 32

- Глюкоза, 23, 34, 54, 56, 70, 79, 86,
87, 90, 91, 110, 113, 131
- Глюконеогенез, 91, 140
- Гормони
естрін, 88
лютеїнізуючий, 88
прогестерон, 88
пролактин, 88
фолікулостимулюючий, 88
- Густина
білка, 11, 104, 121
жовтка, 11, 121
шкаралупи, 11
яйця, 113, 121
- Дезоксирибонуклеїнова кислота
(ДНК), 38, 39, 66, 68, 76, 140, 142
- Денатурація, 21, 34, 36, 69
- Електропровідність, 14
- Елонгація, 41
- Жир(и)
псування, 109, 110, 120
- Зеаксантин, 71, 97
- Ізолейцин, 31, 35, 37, 42
- Індекс
білка, 10, 119
жовтка, 10, 94, 104, 113, 121,
125
форми, 10, 94
- Індол, 107, 140
- Ініціація, 40, 41
- Кадаверин, 140
- Кадмій, 57, 58, 122
- Калій, 17, 21, 22, 57, 58, 59
- Кальцій, 21, 22, 25, 63, 74, 84, 86, 87,
88, 103
- Кальцій, 3, 17
- Кальцій, 57
- Кальцій, 58
- Кальцій, 58
- Каротин, 8, 23, 71, 95, 103
- Каротиноїди, 22, 23, 62, 71, 94, 95,
97, 102, 122
- Кератин, 21, 26, 34, 37, 57
- Кислота
арахідонова, 3, 46, 47, 48, 49,
50, 117
арахінова, 47
аспарагінова, 29, 31, 35, 37,
42, 118, 138
ацетатна, 90, 91, 92
гептадецена, 47
глутамінова, 22, 26, 29, 32, 35,
37, 42, 67, 84, 118, 138
гондоїнова, 47
докозагексаєнова, 47
докозапентаєнова, 47
ейкозадієнова, 47
ейкозапентаєнова, 47
ейкозатрієнова, 47
каприлова, 45, 109
капринова, 109
капронова, 45, 109, 116
крупанодонова, 49
лінолева, 46, 47, 48, 96, 97,
117, 131
ліноленова, 45, 47, 49, 117,
131
маргарінова, 47
масляна, 54, 109, 110, 139
миристинова, 45
міристинова, 46, 47
міристіолеїнова, 47
олеїнова, 45, 46, 47, 49, 117,
131
пальмітинова, 45, 46, 47, 49,
55
пальмітолеїнова, 47
пентадеканова, 47
пропіонова, 110, 139
стеаринова, 45, 46, 47, 49, 50,
51, 54, 55
фосфатна, 23, 48, 49, 51, 79,
85, 87, 140
- Коагуляція, 13, 29, 34

Кобальт, 57, 58, 131, 142
Коефіцієнт
дисперсності білка, 30
дихальний, 141
засвоєння білка, 16
рефракції, 13, 45
розчинного азоту, 30
теплопровідності, 12
Криптоксантин, 71
Ксантофіл, 23, 71, 72, 97
Купрум (мідь), 22, 29, 57, 58, 60, 99,
122, 131, 142
Лейцин, 31, 35, 37, 42, 84, 138
Лецитин, 23, 50, 115, 119, 131
Ліветин, 36, 56, 77, 79
Лізін, 22, 24, 30, 31, 32, 35, 37, 42,
96, 118
Лізоцим, 3, 18, 20, 34, 35, 69, 74, 114,
119, 129
Ліпіди
біосинтез, 54
жовтка, 44, 48, 52
класифікація, 44
Ліповітелін, 36
Ліпопротеїди
високої щільності, 4, 52
низької щільності, 4, 37, 52
Лютеїн, 71, 97
Магній, 17, 21, 22, 57, 58
Макроелементи, 21, 57, 58, 131
Маноза, 20, 34, 56
Меланж яєчний, 129
Меркаптани, 108, 140
Меркурій (ртуть), 57, 58, 122
Метіонін, 29, 31, 32, 35, 37, 96, 118,
138
Мікроелементи, 3, 17, 21, 22, 57, 59,
99, 142
Муцин, 18, 37, 82, 86
НАД, 92
НАДФ, 55
Натрій, 17, 21, 22, 57, 58, 59, 131
148
Нікол (нікель), 57, 58, 142
Овальбумін, 19, 70
Овоальбумін, 20, 24, 34, 90
Ововітелін, 90
Овогенез, 77
Овоглобулін, 20, 34, 36, 90
Овокеразин, 53, 57
Овокератин, 90
Овокефалін, 48, 50
Овокнальбумін, 19, 34, 90
Оволецитин, 48
Оволіветин, 90
Овомукоїд, 20, 34, 74, 90, 129
Овомуцин, 20, 35, 69, 90, 119
Овосфінгомелін, 48, 50
Овофлавін, 19, 73
Овофренозин, 53, 57
Одиниця ХАУ, 9, 94, 104, 119
Оксилізін, 30
Оксипролін, 30
Оопорфірин, 26, 84, 85
Орнітин, 30
Пінистість, 14, 36, 70
Плюмбум (свинець), 17, 29, 57, 122
Поверхневий натяг, 14
Пролін, 22, 24, 30, 32, 35, 37
Протопорфірин, 71, 73, 75, 97
Путресцин, 140
Радикал(и)
вільні, 63, 72, 73, 117
гідроксильний, 117
супероксидний, 70, 117
Реплікація, 39, 141
Рибонуклеїнова кислота (РНК), 76,
142
іРНК, 38, 39, 40, 76
рРНК, 39, 76
тРНК, 39, 40, 42, 76
Рибосоми, 38, 39, 40, 43, 80, 143
Селен, 3, 57, 58, 60, 99, 142
Серин, 32, 35, 37, 42
Скатола, 107, 140

Станум (олово), 57, 58
 Стериди, 52, 54, 56, 79
 Стерилізація яєць, 125
 Стерини, 52, 54, 56
 Стерол, 44, 46
 Стронцій, 17, 57, 58, 122
 Сульфур (сірка), 29, 37, 57, 58, 59
 Теплоємність, 12, 27
 Теплопровідність, 12
 Термінація, 41
 Тирозин, 32, 35, 37, 107
 Тиск
 осмотичний, 28, 59, 84
 Транскрипція, 39
 Трансляція, 39, 42
 Треонін, 31, 35, 37, 138
 Триптофан, 32, 35, 37, 38, 97, 107
 Туберкульоз, 33, 106
 Фенілаланін, 31, 35, 37, 42
 Ферменти
 амілаза, 21, 70
 гідролази, 69
 глутатіонпероксидаза, 70
 ізомерази, 69
 карбоангідраза, 60, 70, 84, 99
 ліази, 69
 ліпаза, 54, 70, 109, 110, 116
 оксидоредуктази, 69, 70, 143
 протеаза, 21, 51, 70, 114
 реактивація, 69
 синтетази, 69
 трансферази, 69
 фосфатаза, 60, 70, 84
 Ферум (залізо), 57, 58, 60, 73, 116, 142
 Фосвітин, 36, 132
 Фосфатиди, 20, 23, 25, 49, 50, 57, 69, 77, 79, 87, 116, 121
 Фосфоліпіди, 15, 36, 44, 46, 50, 51, 70, 117, 129
 Фосфор, 3, 17, 19, 21, 22, 36, 48, 57, 58, 59, 63, 87, 98, 100, 116, 131, 132
 Фтор, 17, 22, 57, 58, 142
 Хлор, 17, 22, 57, 58, 59, 98, 127
 Холін, 3, 4, 23, 48, 49, 68, 138
 Хром, 17, 57, 58
 Хроматографія, 33
 Цезій, 57, 58, 122
 Цереброзиди, 44, 48, 53
 Цинк, 3, 17, 22, 57, 58, 60, 98, 122, 131, 142
 Цистатин, 36
 Цистеїн, 29, 32, 35, 36, 96, 108, 138
 Цистин, 24, 26, 30, 37, 84, 108, 118
 Цінність
 біологічна, 16, 118
 енергетична, 15, 23, 46, 48, 101
 харчова, 15, 17, 38, 46, 75, 102, 109, 118, 128, 130
 Число
 йодне, 45
 кислотне, 45
 омилення, 45
 пероксидне, 45
 Рейхарда-Мейсля, 45
 Шкаралупа
 властивості, 14, 99, 104, 106, 123
 вологопроникність, 12
 газопроникність, 11, 128
 міцність, 11
 плямистість, 11
 пористість, 6, 9, 11, 118
 пружна деформація, 11
 склад, 25, 27, 33, 58, 74, 93, 98
 товщина, 11, 24, 85
 функції, 24

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1. МОРФО-ФУНКЦІОНАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ ЯЙЦЯ ПТИЦІ... 5	5
1.1. Будова пташиного яйця	5
1.2. Функціонально-технологічні властивості яєць птиці	9
1.3. Енергетична, харчова та біологічна цінність яєць	15
2. ФУНКЦІОНАЛЬНО-ХІМІЧНИЙ СКЛАД ЯЄЦЬ	17
2.1. Вміст цільного яйця.....	17
2.2. Фізико-хімічна характеристика білка яєць.....	18
2.3. Фізико-хімічна характеристика жовтка яєць	21
2.4. Фізико-хімічна характеристика шкаралупи яєць	24
3. ОСНОВНІ ХІМІЧНІ КОМПОНЕНТИ ЯЙЦЯ	27
3.1. Вода та сухий залишок яйця.....	27
3.2. Білки яйця	28
3.2.1. Фізико-хімічна характеристика білків.....	28
3.2.2. Білки пташиного яйця	33
3.2.3. Біосинтез білків пташиного яйця.....	38
3.3. Ліпіди яйця	43
3.3.1. Фізико-хімічна характеристика ліпідів	43
3.3.2. Основні ліпіди яйця птиці	46
3.3.3. Біосинтез ліпідів	54
3.4. Вуглеводи яйця.....	56
3.5. Мінеральні речовини яйця та їх фізіологічне значення.....	57
3.6. Вітаміни яйця та їх фізіологічна роль	61
3.7. Ферменти яйця.....	69
3.8. Пігменти яйця	71
4. БІОСИНТЕЗ СКЛАДОВИХ ЧАСТИН ЯЙЦЯ	76
4.1. Овогенез і відкладення жовтка	77
4.2. Розвиток жовткової кулі і бластодиску	79
4.3. Утворення яєчного білка	82
4.4. Утворення підшкаралупових оболонок	83
4.5. Утворення шкаралупи яйця	84
4.6. Зв'язок хімічного складу крові і пташиним яйцем.....	86
4.7. Регуляція процесу яйцеутворення.....	88
4.8. Енергетичні процеси за яйцеутворення	90
5. ЧИННИКИ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА ХІМІЧНИЙ СКЛАД ТА ВЛАСТИВОСТІ ЯЄЦЬ	93
5.1. Вид сільськогосподарської птиці	93

5.2.	Порода птиці	94
5.3.	Годівля	96
5.4.	Вік несучки та сезон несучості	100
5.5.	Умови утримання	102
5.6.	Біохімічні зміни пташиних яєць за деяких захворювань	105
6.	БІОХІМІЧНІ ЗМІНИ У ПТАШИНОМУ ЯЙЦІ ЗА РІЗНИХ СПОСОБІВ ЗБЕРІГАННЯ	111
6.1.	Зміни яєць за зберігання	111
6.2.	Зміни яєць за зберігання у холодильнику	120
6.3.	Зберігання яєць у вапняному розчині	123
6.4.	Зберігання яєць у штучних оболонках	123
6.5.	Зберігання інкубаційний яєць	126
6.6.	Виготовлення яйцепродуктів – спосіб зберігання яєць	129
6.7.	Зміни яєць за кулінарної обробки	132
	ЛІТЕРАТУРА	134
	КОРОТКИЙ СЛОВНИК БІОЛОГІЧНИХ ТЕРМІНІВ	136
	ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК	146

Навчальне видання

БІОХІМІЯ ПТАШИНОГО ЯЙЦЯ

Цехмістренко Світлана Іванівна
Цехмістренко Оксана Сергіївна

Редактор:

Комп'ютерна верстка і набір: С.І.Цехмістренко
Дизайн обкладинки: В.М. Поліщук

Підписано до друку 28.07.2023
Формат 60×84/16. Гарнітура Times.
Умовн.-друк. арк. 12,2.
Наклад 300 прим. Зам. № 11-63.

Надруковано СПДФО Пшонківський О.В.