

Srovnání vybraných kvalitativních parametrů biopotravin a konvenčních potravin živočišného původu

Bc. Kristýna Vachoutová

Diplomová práce
2024



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická
Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Kristýna Vachoutová**
Osobní číslo: **T22424**
Studijní program: **N0721A210004 Technologie potravin**
Forma studia: **Prezenční**
Téma práce: **Srovnání vybraných kvalitativních parametrů biopotravin a konvenčních potravin živočišného původu**

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část

Ekologické zemědělství a jeho charakteristika.

Konvenční zemědělství a jeho charakteristika.

Produkty živočišného původu.

II. Praktická část

Chemická analýza vybraných produktů živočišného původu.

Mikrobiologická analýza vybraných produktů živočišného původu.

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- [1] NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (ES) č. 2018/848 ze dne 30. května 2018 o ekologické produkci a označování ekologických produktů a o zrušení nařízení Rady (ES) č. 834/2007, 2018. In: Úřední věstník Evropské unie. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:02018R0848-20230221&qid=1686298058607>
- [2] NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (ES) č. 852/2004 ze dne 29. dubna 2004 o hygieně potravin, 2004. In: Úřední věstník Evropské unie. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:02004R0852-20210324&qid=1686300539343>
- [3] NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (ES) č. 853/2004 ze dne 29. dubna 2004, kterým se stanoví zvláštní hygienická pravidla pro potraviny živočišného původu, 2004. In: Úřední věstník Evropské unie. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:02004R0853-20230215&qid=1686300312934>

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Zuzana Míšková, Ph.D.**
Ústav technologie potravin

Datum zadání diplomové práce: **1. ledna 2024**
Termín odevzdání diplomové práce: **10. května 2024**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

Ing. Robert Gál, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 10. února 2024

PROHLÁŠENÍ AUTORKY DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové práci pracovala samostatně a použitou literaturu jsem citovala. V případě publikace výsledků budu uvedena jako spoluautorka.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studentky:

.....
podpis studentky

ABSTRAKT

Tato práce se zabývala vlivem způsobu chovu nosnic na vybrané kvalitativní parametry vajec. Teoretická část se zaměřila na legislativní požadavky týkající se potravin, specifikace konvenčního i ekologického chovu nosnic a souhrn literatury o vlivu chovu nosnic na kvalitu vajec. V praktické části byly provedeny analýzy vajec nosnic z klecového chovu, chovu s volným výběhem, ekologického chovu a domácího chovu. Provedené analýzy zahrnovaly měření hmotnosti a pH vajec, obsahu selenu, obsahu vybraných těžkých kovů ve vejcích, obsahu karotenoidů ve žloutku, barvy žloutku a mikrobiologickou analýzu skořápky. Z dosažených výsledků bylo patrné, že vejce z volného a bio chovu obsahovala v průměru nejvíce selenu, bio vejce obsahovala také nejvíce luteinu a zeaxantinu. Vejce z klecového chovu měla nejvyšší procentuální zastoupení žloutku a obsahovala průměrně nejvíce arsenu. Vejce z klecového chovu měla také oproti bio vejcím méně kontaminované skořápky. Výsledky ale byly značně variabilní a představa spotřebitelů o vyšší kvalitě vajec z alternativních chovů se u většiny analýz nepotvrdila.

Klíčová slova: vejce, chov nosnic, ekologické zemědělství, karotenoidy, těžké kovy

ABSTRACT

This thesis evaluated the influence of different farming methods on selected qualitative parameters of eggs. The theoretical part focused on legislative requirements regarding food, specifications of conventional and organic rearing of hens, and a summary of literature on the impact of hen rearing on egg quality. Subsequently, eggs from hens kept in cages, free-range housing, organic farms, and eggs from backyard hens were analyzed. These analyses included measurements of weight and pH, selenium content, selected heavy metals content, carotenoid content, yolk color, and microbiological analysis of the eggshell. Free-range and organic eggs contained the highest level of selenium, organic eggs also contained the highest average levels of lutein and zeaxanthin. Eggs from cage housing had the highest percentage of yolk, contained the highest average levels of arsenic, and had less contaminated eggshells compared to organic eggs. Overall, the results were significantly variable and eggs from alternative housing systems did not fulfill customers' expectations regarding their higher quality.

Keywords: eggs, housing systems, organic farming, carotenoids, heavy metals

Ráda bych poděkovala vedoucí práce, Ing. Zuzaně Míškové, PhD. za odborné rady a cenné poznatky, podnětnou zpětnou vazbu a ochotu při vedení této diplomové práce.

Také děkuji své rodině za podporu a důvěru během celé doby studia.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD.....	9
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 KONVENČNÍ ZEMĚDĚLSTVÍ A JEHO CHARAKTERISTIKA.....	12
1.1 EVROPSKÉ PRÁVNÍ PŘEDPISY PRO POTRAVINY	12
1.2 ČESKÉ PRÁVNÍ PŘEDPISY PRO POTRAVINY	13
1.3 CHOV NOSNIC V KONVENČNÍM REŽIMU	15
1.3.1 Typy chovu.....	15
1.3.2 Zákaz chovu nosnic v klecích	19
1.4 TŘÍDĚNÍ A ZNAČENÍ VAJEC	19
2 EKOLOGICKÉ ZEMĚDĚLSTVÍ A JEHO CHARAKTERISTIKA.....	21
2.1 EVROPSKÉ PRÁVNÍ PŘEDPISY PRO EKOLOGICKÉ ZEMĚDĚLSTVÍ	21
2.2 ČESKÉ PRÁVNÍ PŘEDPISY PRO EKOLOGICKÉ ZEMĚDĚLSTVÍ	22
2.3 CHOV NOSNIC V EKOLOGICKÉM REŽIMU.....	23
2.3.1 Výživa	23
2.3.2 Léčiva.....	24
3 SLOŽENÍ A VLASTNOSTI VAJEC	25
3.1 CHEMICKÉ SLOŽENÍ A STRUKTURA VAJEC	25
3.1.1 Žloutek	25
3.1.2 Bílek	28
3.1.3 Skořápka.....	30
3.2 FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI VAJEC.....	31
3.2.1 Hmotnost, velikost a tvar vajec	31
3.2.2 Hodnota pH	31
3.2.3 Barva žloutku	32
3.3 MIKROBIOLOGIE VAJEC	33
3.3.1 Bakterie rodu <i>Salmonella</i>	34
3.4 FUNKČNÍ VLASTNOSTI VAJEC	35
3.4.1 Nutriční vlastnosti	35
3.4.2 Technologické vlastnosti.....	37
4 VLIV ZPŮSOBU CHOVU NOSNIC NA VYBRANÉ PARAMETRY KVALITY VAJEC	38
4.1 HMOTNOST.....	39
4.2 pH	39
4.3 OBSAH KAROTENOIDŮ A BARVA ŽLOUTKU	40
4.4 OBSAH SELENU.....	42
4.5 OBSAH TĚŽKÝCH KOVŮ A DALŠÍCH KONTAMINANTŮ.....	42

4.6	MIKROBIOLOGICKÁ KONTAMINACE.....	43
II	PRAKTICKÁ ČÁST	44
5	CÍL PRÁCE	45
6	CHARAKTERIZACE A ÚPRAVA VZORKŮ	46
7	MATERIÁLY A METODIKA.....	48
7.1	HMOTNOST.....	48
7.2	pH	48
7.3	KAROTENOIDY	49
7.4	BARVA ŽLOUTKU	52
7.5	PRVKOVÁ ANALÝZA	53
7.6	MIKROBIOLOGICKÁ ANALÝZA SKOŘÁPKY	55
7.7	STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ	56
8	VÝSLEDKY A DISKUZE	57
8.1	HMOTNOST VAJEC	57
8.2	HODNOTA pH BÍLKU A ŽLOUTKU	61
8.3	KAROTENOIDY A BARVA ŽLOUTKU.....	63
8.4	BARVA ŽLOUTKU	68
8.5	PRVKOVÁ ANALÝZA	71
8.5.1	Selen.....	71
8.5.2	Těžké kovy	74
8.6	MIKROBIOLOGICKÁ ANALÝZA.....	77
8.6.1	Aerobní mezofilní mikroorganismy.....	77
8.6.2	Bakterie rodu <i>Salmonella</i>	78
	ZÁVĚR	79
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	81
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	89
	SEZNAM OBRÁZKŮ	90
	SEZNAM TABULEK.....	91

ÚVOD

Druhá polovina minulého století s sebou přinesla značné zintenzivnění zemědělské produkce. Existují obavy o udržitelnost tohoto systému, jeho dopad na životní prostředí a hospodaření s přírodními zdroji. Z tohoto důvodu v posledních letech dochází k nárůstu využívání alternativních zemědělských metod, mezi které patří i tzv. ekologické zemědělství. [1]

Ekologické zemědělství má být díky využívání přirozených a přírodních látek a postupů šetrnější k životnímu prostředí, zodpovědně využívat zdroje a respektovat welfare chovaných zvířat. Evropští ekologičtí zemědělci musí pro získání a udržení si příslušné certifikace dodržovat soubor pravidel daných nařízením Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/848. [2]

V Evropě bylo dle nejnovějších dat (2022) ekologicky obhospodařováno celkově 10,4 % zemědělské plochy, přičemž Česká republika se s 16,0 % ekologicky obhospodařované plochy umístila na 9. místě evropského žebříčku. Ekologická zemědělská plocha a počet producentů biopotravin stále narůstá, stejně je tomu i v případě trhu s biopotravinami, který od roku 2013 zaznamenal růst o téměř 120 %. [3]

Otázkou, kterou se zabývá i tato práce, ovšem nadále zůstává, jaký má ekologické zemědělství vliv na kvalitu potravin. Konkrétní komoditou zkoumanou v této práci jsou vejce, která představují nutričně bohatou a finančně dostupnou složku lidské stravy. Vyhláška č. 208/2004 Sb. definuje dva konvenční typy chovu nosnic a jejich minimální požadavky – chov v klecích (obohacených a neobohacených) a alternativní chov (halový, s volným výběhem). Ekologický chov nosnic se řídí požadavky nařízení (EU) 2018/848. Chovy se liší množstvím prostoru pro nosnice, možností přístupu na pastvu či způsobem výživy. [4] [5]

Na kvalitu vajec má významný vliv věk nosnic, jejich zdravotní stav a genetické faktory. Na jaké konkrétní kvalitativní parametry vajec a do jaké míry má chov nosnic vliv je stále předmětem zkoumání. Tato práce zkoumala hmotnost a pH, obsah selenu a těžkých kovů, obsah karotenoidů a barvu žloutku ve vejcích z klecového chovu, z chovu s volným výběhem, z bio chovu a z domácího (nekomerčního) chovu. [6]

Spotřebitelé za vejce z bio chovů a chovů s volným výběhem zaplatí až dvakrát více než za vejce z klecových chovů. Vyšší cenu jsou za vejce ochotni platit ze dvou důvodů: lepší životní podmínky nosnic a předpokládaná vyšší kvalita vajec. Cílem práce bylo zjistit, jestli má typ chovu vliv na vybrané parametry a jestli tak spotřebitelé při nákupu vajec z alternativních systémů či při provozování domácího chovu nosnic skutečně mohou očekávat vyšší kvalitu vajec. [7] [8]

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 KONVENČNÍ ZEMĚDĚLSTVÍ A JEHO CHARAKTERISTIKA

1.1 Evropské právní předpisy pro potraviny

Obecné zásady a požadavky potravinového práva jsou v Evropské Unii (dále jen „EU“) stanoveny nařízením Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 178/2002 ze dne 28. ledna 2002. Toto nařízení se vztahuje na všechny fáze produkce a distribuce potravin a zaměřuje se zejména na sjednocení požadavků potravinové bezpečnosti napříč EU. Hlavním cílem nařízení č. 178/2002 je tedy ochrana zájmů a zdraví spotřebitelů a zajištění volného pohybu bezpečných potravin mezi evropskými státy. [9]

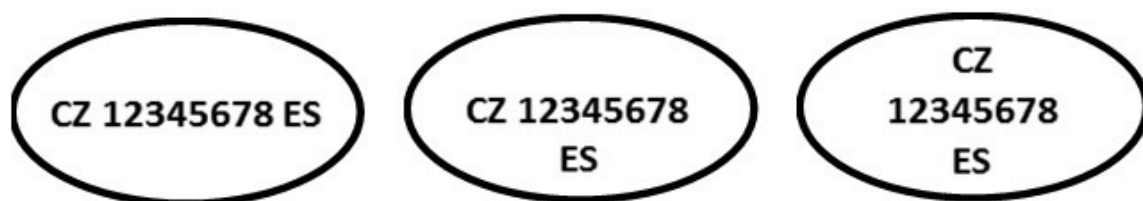
Dalším stěžejním evropským nařízením týkajícím se potravin je nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011 ze dne 25. října 2011 o poskytování informací o potravinách spotřebitelům. Předpis nařizuje potravinářským podnikům poskytovat povinné informace o potravinách a umožňovat tak spotřebitelům informovaný výběr. Dle tohoto nařízení musí být potravina označena následujícími povinnými informacemi: název potraviny, seznam složek, čisté množství, datum spotřeby nebo datum minimální trvanlivosti, návod k použití (pokud to charakter potraviny vyžaduje), jméno a adresa provozovatele, výživové údaje. Dále je nutné v seznamu složek vždy označit látky vyvolávající alergie, a to pomocí zvýraznění, např. tučným nebo velkým písmem, výjimkou jsou pouze produkty, jejichž název jasně odkazuje na obsah alergenu (např. pšeničná mouka). [10]

Otázce hygieny potravin se samostatně věnuje soubor nařízení označovaný jako „hygienický balíček“. V něm obsažené nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 853/2004 ze dne 29. dubna 2004 o hygieně potravin stanovuje konkrétní požadavky, které musí být splněny pro dosažení bezpečnosti potravin a vztahuje se na subjekty v celém potravinovém řetězci. Nařízení (ES) č. 853/2004 se věnuje také schvalování a registraci potravinářských podniků a pravidlům pro dovoz a vývoz živočišných potravin do třetích zemí. Součástí nařízení jsou dvě přílohy – příloha I se věnuje obecným hygienickým požadavkům a postupům v prvovýrobě. Provozovatelé potravinářských podniků jsou například povinni udržovat veškeré prostory a zařízení v čistotě, zabránit kontaminaci a šíření alimentárních nákaz, správně hospodařit s odpady a vést záznamy o zdravotním stavu zvířat a pěstovaných rostlin. Příloha II nařízení č. 853/2004 se věnuje hygienickým požadavkům na potravinářské podniky mimo prvovýrobu, a to včetně pojízdných podniků typu trhovských stánků a přepravních prostředků. Veškeré prostory a zařízení podniků musí být v dobrém stavu,

dobře čistitelné a účinně zabraňovat kontaminaci, podnik musí správně hospodařit s odpady a být zásobován čistou vodou, personál musí dodržovat osobní hygienu a být náležitě proškolen. [11] [12]

Do hygienického balíčku patří také nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 853/2004 ze dne 29. dubna 2004, kterým se stanoví zvláštní hygienická pravidla pro potraviny živočišného původu. Toto nařízení doplňuje nařízení č. 852/2004 a specifikuje hygienická pravidla pro výrobu potravin živočišného původu. V příloze I tohoto nařízení jsou definice živočišných produktů a výrobků, příloha II pak v oddílu I specifikuje požadavky na identifikační označení živočišných potravin. [13] [14]

Identifikační označení slouží k zachování sledovatelnosti potravin v potravinovém řetězci. Tímto označením musí být podle nařízení (ES) č. 853/2004 čitelně a nesmazatelně označena každá živočišná potravina (kromě např. vajec), respektive její obal, před opuštěním výrobního zařízení. Značka obsahuje kód či název země, číslo schválení zařízení a pokud se jedná o podnik v EU, má oválný tvar a obsahuje zkratku pro Evropské Společenství v příslušném jazyce. Příklady podoby značky je uveden na obrázku 1. [13]



Obrázek 1 Identifikační označení potravin živočišného původu. [15]

1.2 České právní předpisy pro potraviny

Zákon o potravinách

Základním právním předpisem České republiky, který se týká potravin, je zákon č. 110/1997 Sb. o potravinách a tabákových výrobcích. Tento zákon stanovuje povinnosti provozovatelů potravinářských podniků v souladu se zmíněnými evropskými nařízeními. Mezi tyto povinnosti patří mimo jiné dodržování hygienických požadavků ve všech fázích výroby potravin, používání vhodných obalových materiálů, oznamování zahájení či ukončení příslušné činnosti a také povinnost stáhnout z trhu nebezpečné nebo jinak nevyhovující

potraviny. Označování potravin se věnují § 6-9 tohoto zákona, pravidla v nich uvedená vychází z nařízení č. 1169/2011. [16]

Zákon o potravinách je doplněn celou řadou prováděcích vyhlášek, které upřesňují jednotlivé problematiky týkající se potravin a tabákových výrobků. Problematika vajec a výrobků z nich je specifikována ve vyhlášce č. 69/2016 Sb. o požadavcích na maso, masné výrobky, produkty rybolovu a akvakultury a výrobky z nich, vejce a výrobky z nich. Vyhláška č. 69/2016 určuje zejména způsob značení vajec a některé podmínky pro jejich uchování a přepravu. Ve vyhlášce č. 417/2016 o některých způsobech označování potravin, která též doplňuje zákon o potravinách, je dále rozvedena povinnost potravinářských podniků poskytovat spotřebitelům pravdivé a nezavádějící informace o potravinách. [17] [18]

Veterinární zákon

Pro produkci potravin živočišného původu je nadále stěžejní zákon č. 166/1999 Sb. o veterinární péči a o změně některých souvisejících zákonů neboli veterinární zákon. Veterinární zákon stanovuje podmínky a požadavky na chov zvířat a výrobu živočišných výrobků. Chovatelé zvířat (tj. držitelé nebo vlastníci zvířat) jsou dle tohoto zákona povinni chovat zvířata vhodným způsobem ve vhodných podmínkách a prostorech a zamezit vzniku a šíření nálezů. S tímto souvisí i povinnost zajištění dobrého hygienického stavu ustájení zvířat a technologického zařízení či dopravních prostředků přicházejících do styku se zvířaty, používání zdravotně nezávadné vody a krmiv a v neposlední řadě povinnost podávání pouze povolených léčivých přípravků a vedení a uchovávání záznamů o jejich podání.

Pro živočišné výrobky uváděné na trh platí zejména podmínka zdravotní nezávadnosti. Zvířatům, jejichž produkty jsou určeny k výživě lidí, nesmí být podávány látky, které mají hormonální, thyreostatický nebo beta adrenergický účinek. Pro vejce platí, že mohou být na trh uváděna pouze po předchozím prosvícení a náležitém označení.

Veterinární zákon se dále zmiňuje o tzv. prodeji malého množství vlastních produktů a umožňuje mimo jiné prodej malého množství nebalených čerstvých vajec v místě hospodářství, na tržnici nebo prostřednictvím prodejního automatu za zvláštních podmínek. Pokud chovatel chová 50 nosnic a méně, nemusí vejce pro účely prodeje těmito způsoby

třídít dle jakosti a hmotnosti a také není povinen je označit kódem producenta (jméno a adresa producenta musí být uvedeno v místě prodeje). [19]

Prodej malého množství vajec je specifikován v prováděcím předpise veterinárního zákona, ve vyhlášce č. 289/2007 Sb. o veterinárních a hygienických požadavcích na živočišné produkty, které nejsou upraveny přímo použitelnými předpisy Evropských společenství. V § 14 této vyhlášky je uvedeno, že kromě jména a adresy chovatele nosnic musí být k prodávaným vejcům připojena informace o minimální trvanlivosti a také je zde definováno „malé množství“ jako maximálně 60 vajec prodaných jednomu spotřebiteli a maximálně 600 vajec za 1 týden dodaných do místního maloobchodu. [20]

Zákon na ochranu zvířat proti týrání

K účelu zajištění vhodných podmínek chovu zvířat v hospodářských i zájmových chovech slouží zákon č. 246/1992 Sb. České národní rady na ochranu zvířat proti týrání. Tento zákon zakazuje týrání zvířat a jeho propagaci, přičemž za týrání se považuje mimo jiné omezování přístupu k adekvátní potravě a napájení či naopak cílené překrmování a krmení násilným způsobem, bezdůvodné omezování pohybu, které by působilo utrpení zvířete, vyvolávání stresových vlivů nebo chov v nevyhovujících podmínkách. [21]

Jedním z prováděcích předpisů tohoto zákona je vyhláška č. 208/2004 Sb. o minimálních standardech na ochranu hospodářských zvířat. Tato vyhláška mimo jiné stanovuje konkrétní minimální požadavky na chov nosnic jak v alternativních, tak v klecových systémech, které budou podrobněji zmíněny v dalších kapitolách. [4]

1.3 Chov nosnic v konvenčním režimu

Nosnicí se dle vyhlášky č. 208/2004 rozumí slepice kura domácího (*Gallus gallus* f. *domestica*), která je chována pro produkci vajec určených k líhnutí. Vyhláška stanovuje obecné zásady pro chov nosnic, mezi které patří udržování minimální hladiny hluku, hygienických zásad v místě chovu a dodržování správného světelného režimu (tj. třetina dne je určena pro nepřerušovanou dobu tmy). [4]

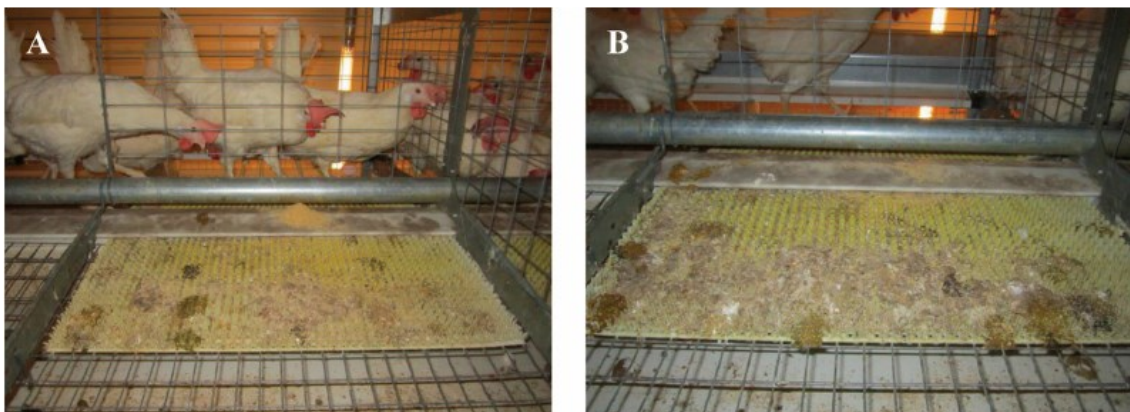
1.3.1 Typy chovu

Vyhláška č. 208/2004 rozlišuje konkrétně 3 typy chovu nosnic: alternativní systémy, neobohacené klecové systémy a obohacené klecové systémy. Používání neobohacených klecí je od 1. ledna 2012 zakázáno. Bez ohledu na to, jaký ze současně povolených systémů

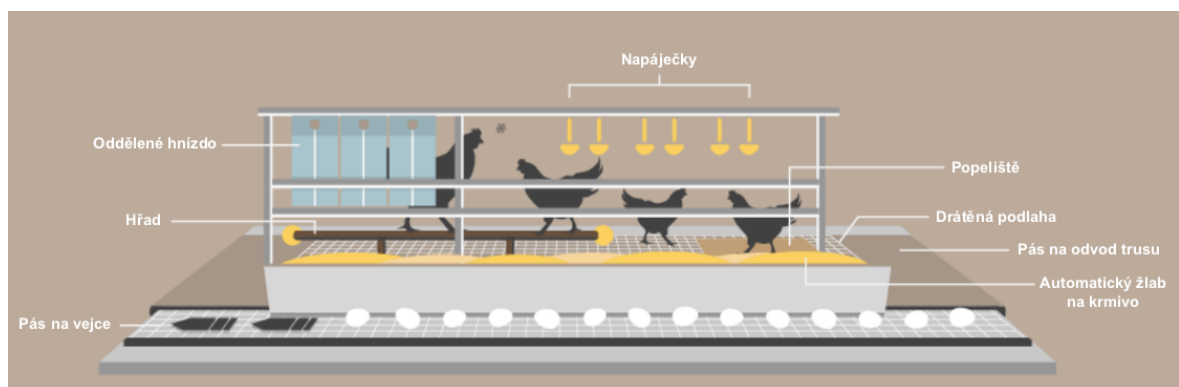
se v chovu použije, nosnice vždy musí mít k dispozici vodu, krmivo, hnízdo a stelivo umožňující klovaní a hrabání. V klecových chovech je nutné poskytnout 750 cm² klece na každou nosnici, alternativní chovy (tj. všechny způsoby chovu kromě klecových) musí umožňovat volný pohyb nosnic a nesmí v nich být chováno více než 9 nosnic na 1 m² užité plochy. [4]

Klecové systémy

Jak již bylo zmíněno, v EU je dnes povoleno používání pouze tzv. obohacených klecí. Tyto klece musí poskytovat minimálně 750 cm² na nosnici, jejich celková plocha musí být vždy alespoň 2000 cm² a výška alespoň 45 cm. Sklon podlahy klece nesmí být vyšší než 14 %. Klec musí mít oddělený prostor hnízda pro snášku vajec, jehož dno nesmí mít drátěná oka. Dále musí být klec vybavena dostatečným množstvím napáječek a žlábkovým krmítkem bez omezeného přístupu, hřady, místem pro obrušování drápů a místem umožňujícím klovaní a hrabání (popeliště), které je obvykle ve formě plastové podložky (viz obrázek 2). Na obrázku 3 je znázorněno schéma obohacené klece. [4] [22]



Obrázek 2 Plastová podložka pro klovaní a hrabání v klecovém chovu nosnic. [23]



Obrázek 3 Schéma obohacené klece. Přeloženo z angličtiny. [24]

Alternativní chov – Voliérové (aviary) a podestýlkové systémy

Voliérový nebo také halový chov nosnic vychází z chovu klecového, kdy je v hale umístěna konstrukce o maximálně 4 podlažích, mezi kterými se nosnice mohou volně pohybovat (viz obrázky 4 a 5). Systém musí být opět vybaven dostatkem míst pro krmení, napájení a snášení vajec a minimálně třetina plochy musí být pokryta stelivem. Jednotlivá podlaží musí být vysoká minimálně 45 cm a pod každým podlažím musí být zajištěn záchyt trusu, aby se zabránilo jeho propadání do nižších podlaží. [4] [22]

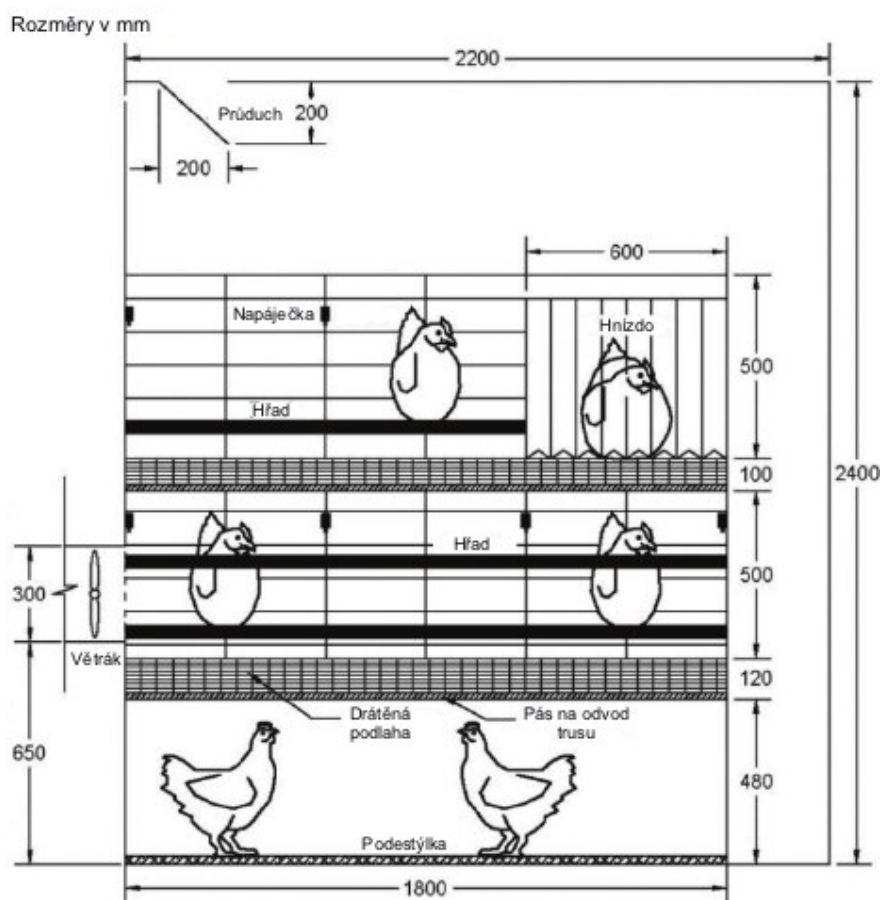
Jednopodlažní nebo tzv. podestýlkové systémy chovu opět poskytují minimálně třetinu podlahové plochy s podestýlkou, zbytek plochy sestává z roštů, pod kterými je systém na sběr trusu. Slepice v podestýlkových systémech mají dostatek prostoru a podnětů pro projevy přirozeného chování. V zimních měsících zde mohou nastávat problémy s příliš nízkou teplotou, což někdy chovatelé řeší snížením ventilace, to ale může mít za následek zhoršení kvality vzduchu v důsledku akumulace amoniaku. [22]

Alternativní chov – Výběhové systémy

Výše zmíněné systémy (voliérový a podestýlkový) mohou být kombinovány s přístupem k volnému výběhu ve formě verandy, což je zpevněný a plně zastřešený výběh, nebo ve formě volného venkovního výběhu. Vyhláška č. 208/2004 stanovuje pravidla i pro tento typ výběhů, kdy na 1000 nosnic musí být dostupné alespoň 2 m celkové šířky otvorů a výběh musí poskytovat ochranu před klimatickými vlivy a predátory. Nařízení (EU) 2023/2465 specifikuje, že volný venkovní výběh musí poskytovat alespoň 4 m² na jednu nosnici a být převážně pokryt vegetací. Volné venkovní výběhy nejsou zatím napříč EU příliš časté, celkově se chová tímto způsobem 15,5 % evropských nosnic, v ČR pouze 1,4 % nosnic, ale například ve Francii či sousedním Rakousku je tento způsob velmi populární a používá se pro přibližně 30 % nosnic. Je nutno zmínit, že tento typ chovu může představovat vysoké riziko přenosu nákazy ptačí chřipky po styku s divokým ptactvem. [4] [22] [25]



Obrázek 4 Chov nosnic ve voliérovém systému. [26]



Obrázek 5 Schéma konstrukce ve voliérovém systému. Přeloženo z angličtiny. [27]

1.3.2 Zákaz chovu nosnic v klecích

Z důvodu společenského zájmu o zvyšování kvality života (tzv. welfare) hospodářských zvířat již bylo v EU dosaženo plošného zákazu již zmíněných neobohacených klecí. V roce 2018 předložila Evropská občanská iniciativa (European Citizens' Initiative) návrh k úplnému zákazu klecového chovu nosnic. Projekt nese název „End the Cage Age“ („Konec doby klecové“) a byl podpořen 1,4 miliony ověřených podpisů občanů EU. Výbor pro zemědělství a rozvoj venkova Evropského parlamentu na základě tohoto návrhu povolal Evropskou komisi k vytvoření strategie pro přechod na bezklecové systémy, která bude orientována na welfare nosnic a zároveň bude respektovat zájmy farmářů a trhu s živočišnými produkty s ohledem na socioekonomické a environmentální dopady takového opatření. Evropská komise se zavázala k vytvoření návrhu legislativy pro přechod na bezklecové chovy do konce roku 2023. Cílem je uvést navrhovaný právní předpis v platnost od roku 2027. [28] [29] [30]

Česká republika se již rozhodla konec klecových chovů od roku 2027 implementovat do legislativy zákonem č. 501/2020 Sb., kterým se mění zákon č. 246/1992 Sb., na ochranu zvířat proti týrání, který vešel v platnost 4. prosince 2020. Bodem 40 této novely zákona se výslovně zakazuje chov nosnic v klecích, včetně klecí obohacených, přičemž účinnosti nabývá tento bod dnem 1. ledna 2027. [31]

1.4 Třídění a značení vajec

Vejsce jsou definována v nařízení (ES) č. 853/2004 jako nerozbitá, neinkubovaná a nevařená vejce ve skořápce, v případě slepičích vajec snesena nosnicemi kura domácího. Příloha III tohoto nařízení specifikuje speciální hygienické požadavky na manipulaci s vejci – vejce musí být po celou dobu produkce udržována v čistotě a mimo sluneční svít, při přepravě a skladování musí být udržována stálá teplota tak, aby se zabránilo např. rosení vajec. Spotřebiteli musí být vejce dodána nejpozději do 21 dnů od snášky. [13]

Dle jakosti lze vejce zatřídit do třídy A (také označována jako „čerstvá“) a třídy B. Vejce třídy A pak splňují následující požadavky: [17] [25]

- skořápka má normální tvar, je čistá a nepoškozená,
- nepohyblivá vzduchová bublina výšky max 6 mm,
- nepostřehnutelný vývoj zárodku,
- čirý bílek, žloutek bez zřetelných obrysů,

- bez cizích látek a zápachů,
- roztríděna a označena do 10 dnů po snášce,
- nesmí být umytá ani vyčištěná,
- přepravována při nekolísavé teplotě do +18 °C,
- nesmí být konzervována nebo chlazená (déle než 24 hodin) při teplotě nižší než 5 °C.

Vejce třídy A jsou dále tříděna podle hmotnosti do následujících skupin: [25]

- XL – velmi velká: hmotnost více než 73 g
- L – velká: hmotnost 63 g až 73 g
- M – střední: hmotnost 53 g až 63 g
- S – malá: hmotnost méně než 53 g.

Při uvádění do oběhu musí být v balení každé jednotlivé vejce třídy A označena kódem producenta, který se skládá z následujících částí: [17]

- kód pro metodu chovu nosnic (0 – ekologický chov, 1 – volný výběh, 2 – chov v halách, 3 – klecový chov)
- registrační kód státu (např. CZ pro Českou republiku)
- čtyřmístný registrační kód příslušného hospodářství.

Spotřebitelské balení vajec třídy A obsahuje následující informace: [25]

- kód balírny/třídírny,
- jakostní třída („třída A“, „A“, možno uvést v kombinaci se slovy „čerstvá vejce“),
- hmotnostní skupina,
- datum minimální trvanlivosti,
- způsob chovu,
- vysvětlení kódu producenta.

Takto označené balení vajec dle nařízení (ES) č. 853/2004 již nemusí nést oválné identifikační označení pro potraviny živočišného původu specifikované v kapitole 1.1. Vejce se zařadí do jakostní třídy B, pokud nesplňují dříve uvedené požadavky na vejce třídy A. Vejce třídy B se smějí dodávat pouze do potravinářského nebo jiného průmyslu k dalšímu zpracování, nikoliv přímo konečnému spotřebiteli. [13] [14]

2 EKOLOGICKÉ ZEMĚDĚLSTVÍ A JEHO CHARAKTERISTIKA

Ekologické zemědělství je způsob produkce potravin, který dbá na udržitelnost a šetrnost k životnímu prostředí a také na dobré životní podmínky (tzv. welfare) zvířat chovaných tímto způsobem. Aby produkce rostlinných surovin či chovy zvířat a jejich produkty mohly být považovány za ekologické či „bio“, musí provozovatelé takových potravinářských podniků splňovat řadu požadavků a pravidel. Pokud potravinářský podnik splní požadavky a obdrží certifikaci, může své produkty uvádět na trh pod značkou „bio“. [2]

2.1 Evropské právní předpisy pro ekologické zemědělství

Od 1. ledna 2022 platí v Evropské unii nové právní předpisy pro ekologické zemědělství, které by měly zemědělcům usnadňovat přechod na tento systém, posilují systémy kontroly a rozšiřují skupinu potravin, které mohou být na trh uváděny jako ekologické. [2]

Hlavní zásady, pravidla a požadavky ekologického zemědělství stanovuje nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/848 ze dne 30. května 2018 o ekologické produkci a označování ekologických produktů a o zrušení nařízení Rady (ES) č. 834/2007. Nařízení se vztahuje na nezpracované zemědělské produkty i na zpracované potraviny a krmiva v rozsahu celého potravinového řetězce. Hlavními zásadami je důraz na udržitelnost, biologickou rozmanitost a welfare zvířat. [5]

Produkty z certifikovaných podniků splňující veškerá pravidla ekologické produkce lze dle kapitoly IV nařízení 2018/848 označit logem Evropské unie pro ekologickou produkci (obrázek 6). Logo je nepovinné, ale pokud je na produktu uvedeno, musí splňovat určité požadavky: uvedení místa původu zemědělských surovin („zemědělská produkce EU, mimo EU, EU/mimo EU“) ve stejném zorném poli jako logo a kód kontrolní organizace, která udělila certifikaci pro podnikání v ekologickém zemědělství. [5]



Obrázek 6 Logo EU pro ekologickou produkci. [32]

2.2 České právní předpisy pro ekologické zemědělství

Na evropské nařízení (EU) 2018/848 o ekologické produkci přímo navazuje český zákon č. 242/2000 Sb. o ekologickém zemědělství.

Zákon upravuje zejména pravidla registrace osob podnikajících v ekologickém zemědělství. Žádost o registraci se podává na Ministerstvo zemědělství a musí být doprovázena vytvořením smlouvy s jednou ze 4 soukromých certifikačních organizací, kterými jsou: KEZ o. p. s., ABCERT AG, Biokont CZ, s. r. o. a BUREAU VERITAS CERTIFICATION CZ, s.r.o. Tyto organizace jsou pověřeny prováděním kontroly a udělováním certifikací v celém rozsahu produkce a distribuce biopotravin a každá z nich má přidělen kód, který musí být součástí značení biopotraviny. [33] [34]

Povinnost registrace se vztahuje kromě zemědělců také na výrobce biopotravin, obchodníky s biopotravinami, dovozce a vývozce biopotravin, ekologické včelaře a chovatele ryb. Internetové obchody, které do svého sortimentu zařadí biopotraviny, musí být také registrovány jako osoby podnikající v ekologickém zemědělství. Tato povinnost se naopak netýká běžných maloobchodních prodejců, kteří pouze biopotraviny v původním balení přeprodávají konečnému spotřebiteli, podniků veřejného stravování a také produktů, které nejsou potravinami či krmivem (tj. oblečení, kosmetika). [35]

Zákon č. 242/2000 je prováděn vyhláškou č. 16/2006 Sb. Tato vyhláška definuje živočišné druhy, které lze chovat v ekologickém zemědělství (skot, prasata, drůbež, ryby, včely, ...) a její příloha stanovuje podobu grafického znaku, který lze dle zákona č. 242/2000 použít pro potraviny certifikované na území České republiky (obrázek 7). [36]



Obrázek 7 Logo pro biopotraviny certifikované na území ČR. [36]

2.3 Chov nosnic v ekologickém režimu

Narřízení (EU) 2018/848 stanovuje vedle obecných cílů a zásad ekologického zemědělství také specifické požadavky jak na rostlinnou, tak živočišnou produkci. Mezi konkrétní požadavky na chov zvířat v ekologickém (bio) režimu patří například nutnost vazby takové činnosti

na zemědělskou půdu, podávání pouze krmiv získaných z ekologického zemědělství a volba plemen přirozeně odolných a vhodných pro místní podmínky. [5]

Chov nosnic v bio režimu musí kromě obecných pravidel a dbání na welfare zvířat dodržovat specifická pravidla pro chov drůbeže dle přílohy II, části II, odstavce 1.9.4. nařízení (EU) 2018/848, např.; [5]

- krmivo musí být z 30 % zabezpečeno z vlastní zemědělské produkce,
- nejméně třetina vnitřní podlahové plochy je pevná a pokrytá vhodnou podestýlkou,
- nosnice mají alespoň po třetinu svého života volný přístup do venkovního výběhu.

Narřízení (EU) 2020/464 doplňuje nařízení (EU) 2018/848 a specifikuje mimo jiné maximální intenzitu chovu hospodářských zvířat na bio farmách. Pro nosnice platí, že na 1 m² využitelné vnitřní plochy drůbežárny může připadat maximálně 6 nosnic. Venkovní volný výběh mít rozlohu alespoň 4 m² na jednu nosnici a být převážně pokrytý vegetací. [37]

2.3.1 Výživa

Krmivo zvířat v bio chovu musí až na výjimky pocházet z ekologické produkce. Jednou z těchto výjimek je právě drůbež, pro kterou je povoleno použít 5 % roční dávky bílkovinného krmiva z konvenčního zemědělství, jelikož ekologické zdroje takového krmiva mohou být nedostatečné. [5]

Prováděcí nařízení Komise (EU) 2021/1165 obsahuje seznam látek povolených při produkci ekologických potravin a krmiv. V příloze III, části B najdeme doplňkové látky povolené pro použití ve výživě zvířat v ekologickém zemědělství. Významnými aditivy do krmiva nosnic jsou karotenoidy, které ovlivňují barvu žloutku (lutein, zeaxantin, kantaxantin). Ty se podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1831/2003 o doplňkových látkách používaných ve výživě zvířat řadí do skupiny doplňkových látek 2 „senzorické doplňkové látky.“ Dle nařízení (EU) 2021/1165 je v ekologickém zemědělství ze skupiny doplňkových látek 2 povolen pouze astaxantin v krmivu pro lososy a pstruhy. Z toho

vyplývá, že suplementace krmiva nosnic v ekologickém chovu luteinem, zeaxantinem či kantaxantinem není povolena. [38] [39]

2.3.2 Léčiva

Ve zdravotní péči o ekologicky chovaná zvířata se klade důraz zejména na přirozenou prevenci, které se docílí výběrem vhodného plemene, podáváním kvalitního krmiva a zajištěním dobrých životních podmínek. Není dovoleno preventivní podávání antibiotik a látek stimulujících růst. [5]

V případě, že navzdory preventivním opatřením vypukne nákaza, musí být zvíře ošetřeno co nejdříve, utrpení musí být minimalizováno. Pro jakákoliv podaná léčiva musí být dodrženy ochranné lhůty, které jsou dvakrát delší než lhůty v konvenčním zemědělství. Pro produkci konvenčních vajec jsou lhůty uvedeny v nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2019/6, čl. 115, odst. 1, písm. c). [5] [40]

3 SLOŽENÍ A VLASTNOSTI VAJEC

3.1 Chemické složení a struktura vajec

Celkové průměrné chemické složení slepičího vejce je uvedeno v tabulce 1.

Tabulka 1 Průměrné složení slepičího vejce a jeho součástí v % [41]

	Voda	Sušina	Bílkoviny	Lipidy	Sacharidy	Min. látky
Celé vejce	65,6	34,4	12,1	10,5	0,9	10,9
Skořápka	1,6	98,4	3,3	-	-	95,1
Bílek	87,9	12,1	10,6	-	0,9	0,6
Žloutek	48,7	51,3	16,6	32,6	1,0	1,1

3.1.1 Žloutek

Žloutek je obklopen dvouvrstvou membránou z vitellinu a uprostřed vejce je udržován bílkovinnými chalázami. Obsah vody ve žloutku je obvykle kolem 50 %, při delším skladování do žloutku migruje voda z bílku a její obsah tedy s časem roste. [41] [42]

Jedná se o komplexní systém, který obsahuje v tekuté fázi (plazma) rozptýlené nerozpustné částice (granule) o velikosti 0,3 až 2 μm . Přibližné složení žloutku a jeho frakcí je uvedeno v tabulce 2. Plazma obsahuje větší množství lipidů než granule, vyskytují se zde ve formě nízkodenzitních lipoproteinů (LDL), které tvoří 85 % její sušiny. Zbylých 15 % sušiny plazmy tvoří glykoproteiny, zejména livetiny. V granulích jsou lipidy obsaženy ve vysokodenzitních lipoproteinech (HDL), které oproti LDL mají vyšší obsah proteinů. Granule obsahují 70 % HDL částic, 18 % proteinu fosfovitanu a 12 % LDL částic. [43]

Tabulka 2 Přibližný obsah vybraných složek ve žloutku a jeho frakcích [43]

	Žloutek	Plazma	Granule
Obsah sušiny	51 %	32 %	44 %
Protein v sušině	31 %	23 %	58 %
Lipidy v sušině	70 %	76 %	33 %
Cholesterol v sušině	2,5 %	3 %	0,7 %

Žloutek obsahuje malé množství sacharidů (do 1 %), z nichž většina je vázána ve formě glykoproteinů. Obsahuje lipofilní i hydrofilní vitaminy (kromě vitamínu C) a koncentrují se v něm minerální látky, např. fosfor, železo, mangan či selen. [41]

Proteiny vaječného žloutku

Lipoproteiny jsou kulovité částice, jejichž jádro je tvořeno lipidy (resp. triglyceridy) a estery cholesterolu, ohraničeny jsou vrstvou fosfolipidů, cholesterolu a proteinů. LDL a HDL se od sebe liší hustotou, která souvisí s množstvím proteinů v membráně (LDL částice obsahují méně proteinů, mají tedy nižší hustotu). LDL částice jsou hojně zastoupeny v plazmě žloutku a mají významné emulgační schopnosti. HDL částice najdeme spíše v granulích, jsou významné díky svým antioxidačním účinkům a schopnosti ochrany před patogeny. [44]

Fosfovitin je primární protein žloutkových granulí, kde vzájemně propojuje částice HDL. Jedná se o vysoce fosforylovaný protein, má vysokou afinitu k Fe^{2+} iontům, díky čemuž má dobré antioxidační účinky a také je velmi dobrým emulgátorem. [45]

Livetiny jsou globulární, ve vodě rozpustné glykoproteiny plazmy vaječného žloutku. Zde se vyskytují zejména 3 formy: α -livetin, β -livetin a γ -livetin. Předmětem vědeckého zájmu jsou γ -livetiny, které jsou z velké části tvořeny protilátkami IgY, přecházejícími do vejce z krevního oběhu nosnice. Jsou zkoumány pro své bioaktivní vlastnosti, jako jsou např. protizánětlivé účinky. [45] [46]

Lipidy vaječného žloutku

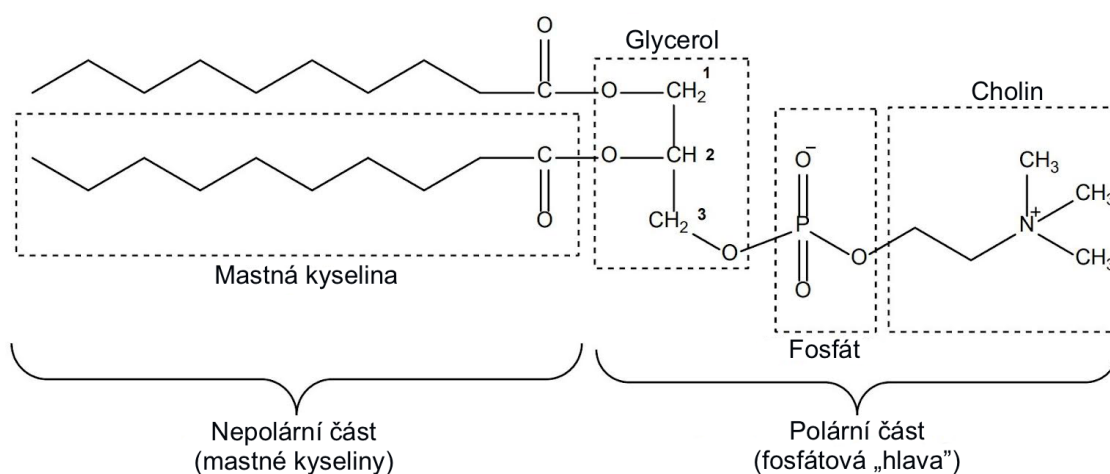
Téměř všechny lipidy vejce se nachází ve žloutku jako součást lipoproteinů. Celkem 62 % vaječných lipidů je ve formě triglyceridů, 33 % ve formě fosfolipidů a 5 % ve formě cholesterolu. [47]

Mastné kyseliny můžeme dle míry nasycení jejich uhlovodíkového řetězce dělit na nasycené (bez dvojných vazeb), mononenasycené (jedna dvojná vazba) a polynenasycené (dvě a více dvojných vazeb). Zastoupení jednotlivých mastných kyselin v lipidech vejce je vysoce závislé na stravě nosnice. Obecně jsou nejvíce zastoupeny kyselina olejová (40 %), palmitová (30 %) a linoleová (13 %), ale v menší míře se zde vyskytují i bioaktivní mastné kyseliny, jako je třeba kyselina arachidonová nebo dokosaheptaenová. [48]

Fosfolipidy (FL) jsou polární lipidy složené ze dvou mastných kyselin, glycerolu a fosfátu, na který je esterovou vazbou navázána organická molekula (cholin, ethanolamin atd.). Nachází se v buněčných membránách živých organismů, přičemž obsah i zastoupení jednotlivých FL se v organizmech liší. Molekulu FL můžeme rozdělit na polární část (fosfátová „hlava“) a nepolární část (mastné kyseliny). Díky této struktuře mají FL emulgační schopnost. Schéma molekuly fosfolipidu je uvedeno na obrázku 8 a nejvýznamnější FL vaječného žloutku jsou uvedeny v tabulce 3. [47] [49]

Tabulka 3 Složení fosfolipidů vaječného žloutku

Název fosfolipidu	Procentuální zastoupení
Fosfatidylcholin (PC)	78,5 %
Fosfatidylethanolamin (PE)	17,5 %
Sfingomyelin (SM)	2,5 %
Plasmalogen (PL)	0,9 %
Fosfatidylinositol (PI)	0,6 %



Obrázek 8 Schéma fosfolipidu. Přeloženo z angličtiny. [50]

Cholesterol je steroidní látka, ve vejci hraje důležitou roli pro vývoj zárodku. Obsah cholesterolu ve vaječném žloutku se pohybuje mezi 840 mg a 1 310 mg na 100 g žloutku a s rostoucím věkem nosnice jeho obsah ve vejcích klesá. [41]

Karotenoidy

Karotenoidy jsou přírodní lipofilní pigmenty červené, oranžové a žluté barvy. Karotenoidy můžeme podle struktury dělit na karoteny a xantofyly, obsahující ve své struktuře kyslík v různých formách. Dále můžeme karotenoidy rozdělit na ty, které mají funkci provitaminu A (provitamin A: β -karoten, β -kryptoxantin) a ty, které tuto funkci nemají (non-provitamin A: lutein, zeaxantin, astaxantin, kantaxantin, lykopen). Množství a typ karotenoidů přítomných ve vejcích úzce souvisí se stravou nosnice, je tedy běžnou praxí obohacovat o ně krmivo nosnic s cílem dosáhnout barvy žloutku, která je žádoucí pro spotřebitele. [51]

[52]

Žloutek obsahuje hlavně xantofyly – v největším množství lutein a zeaxantin, které se do vajec dostávají z běžného krmiva, jako je např. kukuřice. Karotenoidy jsou trávicími enzymy uvolněny do gastrointestinálního traktu, kde se stávají součástí micel, které jsou dále ve střevě vstřebávány. Odtud se postupně karotenoidy dostávají do jater, kde jsou zabudovány do lipoproteinů, které následně putují až k vaječnům. [42] [52]

Provitamin-A karotenoidy se do žloutku dostávají pouze ve stopových množstvích, jelikož jsou prioritně přeměněny na vitamin A. Z tohoto důvodu je obsah například β -karotenu ve žloutku velmi nízký. [52]

Průměrné obsahy vybraných karotenoidů ve vejcích jsou uvedeny v tabulce 4.

Tabulka 4 Průměrný obsah karotenoidů ve slepičích vejcích [53]

Karotenoid	Obsah [$\mu\text{g}/100 \text{ g}$ žloutku]
Lutein	411–1764
Zeaxantin	114–1022
Kantaxantin	531–616

V EU jsou v konvenčním zemědělství povoleny jako aditiva do krmiva nosnic následující karotenoidy: β -karoten, zeaxantin, lutein, ethylester kyseliny β -apo-8'-karotenové, extrakt z papriky (kapsantin), kantaxantin. Pro jednotlivé karotenoidy je limit přídavku 80 mg/kg krmiva, pouze pro kantaxantin je limit v krmivu nosnic snížen na 8 mg/kg krmiva, protože se při nadměrné konzumaci může u člověka ukládat na sítnici ve formě krystalů a poškozovat tak zrak. [52] [54] [53]

3.1.2 Bílek

Vaječný bílek je tvořen čtyřmi vrstvami; vnější a vnitřní řídký bílek, tuhý bílek a chalázová vrstva. Vzájemný poměr těchto vrstev (viz tabulka 4) se významně liší v závislosti na plemenu nosnice či vnějších podmínkách a mění se v čase.

Tabulka 5 Průměrné zastoupení jednotlivých vrstev v bílku (v pořadí od skořápky směrem do středu vejce) [42]

Vnější řídký bílek	23,2 %
Tuhý bílek	57,3 %
Vnitřní řídký bílek	16,8 %
Chalázová vrstva	2,7 %

Nejvyšší zastoupení má v chemickém složení bílku voda (84 % až 89 %) a bílkoviny, které představují 10 % až 11 %. Dalšími složkami jsou volné sacharidy (0,4 %), velmi malé množství lipidů (0,03 %), vitaminy a minerální látky (síra, draslík, sodík, fosfor, vápník). [41]

Proteiny vaječného bílku

Proteiny vaječného bílku jsou pro člověka dobře stravitelné a obsahují všechny esenciální aminokyseliny. Hlavní proteiny bílku a jejich procentuální zastoupení jsou uvedeny v tabulce 6. Dalšími proteiny bílku jsou například ovoglobulin, ovoglykoprotein nebo avidin.

Tabulka 6 Složení proteinů vaječného bílku [44]

Název proteinu	Průměrné zastoupení proteinu
Ovoalbumin	54 %
Ovotransferrin	12 %
Ovomukoid	11 %
Ovomucin	3,5 %
Lysozym	3,4 %

Ovoalbumin tvoří hlavní složku bílkových proteinů. Jedná se o fosfoglykoprotein složený z 386 aminokyselin a je hlavní příčinou alergické reakce na vejce. Je rozpustný ve vodě a při 57,5 °C denaturuje.

Ovotransferrin je glykoprotein zodpovědný za přenos železitých iontů z vejcovodu nosnice k embryu, denaturuje již při 53 °C.

Ovomukoid je dalším glykoproteinem vaječného bílku, taktéž přispívá ke vzniku alergických reakcí na vejce, jeho molekula obsahuje 25-30 % sacharidů a je poměrně odolný k záhřevu; denaturuje až při 80 °C.

Ovomucin významně přispívá k technologickým vlastnostem vajec. Má významné emulgační a pěnotvorné vlastnosti a také může sloužit jako indikátor kvality vajec. Při delším skladování vajec dochází k řidnutí bílku, které může být způsobeno právě degradací ovomucinu po redukcii jeho disulfidických vazeb.

Lysozym vaječného bílku je velmi stabilní (odolný k záhřevu na 100 °C po dobu až 60 s), zejména díky schopnosti tvorby stabilních dimerů. Váže se na vaječné proteiny s negativním

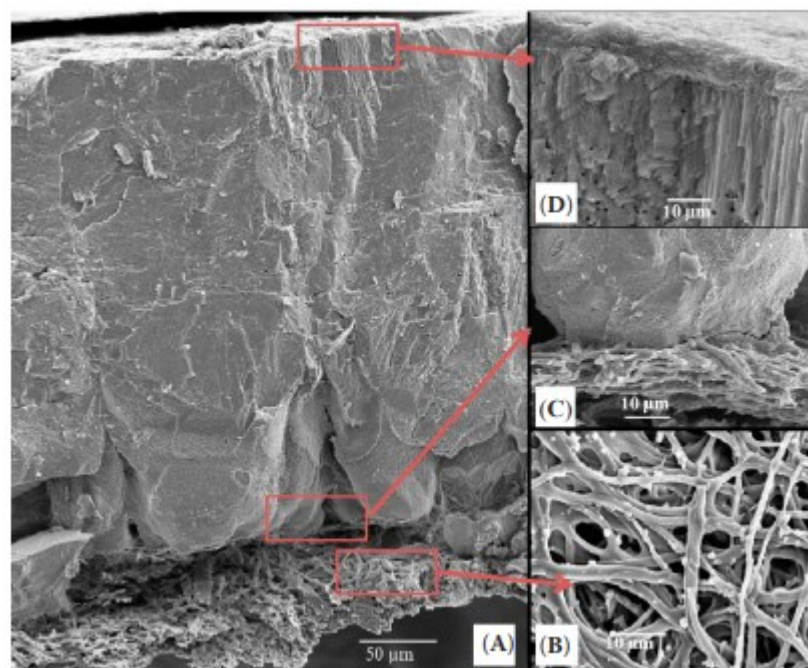
nábojem (ovoalbumin, ovomucin, ovotransferrin) a tvoří s nimi komplexy. Díky schopnosti hydrolyzovat glykozidickou vazbu mezi kyselinou N-acetylmuramovou a N-acetylglukosaminem v peptidoglykanu buněčné stěny bakterií působí ve vejci jako antimikrobní látka a zabraňuje průniku mikroorganismů do žloutku. [41] [42] [44]

3.1.3 Skořápka

Skořápka tvoří průměrně 10 % celkové hmotnosti vejce. Je tvořena zejména anorganickými látkami s malým množstvím organické bílkovinné složky. Udržuje tvar vejce a poskytuje mu mechanickou a antimikrobní ochranu. [41]

Spodní vrstvu skořápky tvoří dvě podskořápkové blány o tloušťce 100 μm , které jsou složeny z proteinových vláken. Vrchní blána obsahuje nukleační místa, na kterých se tvoří krystaly uhličitanu vápenatého, který je hlavní strukturální složkou samotné skořápky. Vrstva z uhličitanu vápenatého je asi 200 μm široká a její povrch pokrývá kutikula propustná pro plyny, ale nepropustná pro mikroorganismy a nečistoty. Kutikula je tvořena organickými látkami (proteiny, lipidy, mucinem) a její tloušťka je pouze 10 μm . Celá skořápka je prostoupena póry, které zajišťují vstup plynů. [41] [55]

Barva skořápky je obvykle bílá nebo v různých odstínech hnědé a liší se u různých plemen nosnic. Pigmenty způsobující zbarvení se nachází ve vrchních vrstvách skořápky. [41]



Obrázek 9 Struktura vaječné skořápky (skenovací elektronový mikroskop). (A) Průřez všemi vrstvami skořápky (B) Detail podskořápkových blan (C) Tvorba krystalů CaCO_3 z nukleačních jader na vrchní podskořápkové bláně (D) Kutikula a vrchní vrstva skořápky. [55]

3.2 Fyzikální vlastnosti vajec

3.2.1 Hmotnost, velikost a tvar vajec

Hmotnost slepičích vajec se obvykle pohybuje mezi 50 g a 70 g, přičemž se stářím nosnice se hmotnost snesených vajec zvyšuje. Z této hmotnosti tvoří přibližně 60 % bílek, 30 % žloutek a 10 % připadá na skořápku a podskořápkové blány. Kromě stáří nosnice je velikost vejce ovlivněna plemenem, geneticky, klimatickými podmínkami nebo stravou. [41] [56]

Vejce mají oválný tvar, jeden konec je tzv. tupý a druhý ostrý. Tvar lze charakterizovat indexem tvaru (SI – Shape Index); $SI = D/L$, který je vyjádřen jako poměr kratší příčné osy (D) k delší ose podélné (L). Index tvaru slepičích vajec se pohybuje kolem hodnoty 0,7. [56]

Dobrym indikátorem kvality vejce je Haughova jednotka (HU). K jejímu výpočtu se použije výška tuhého bílku (h) a hmotnost vejce (m) dosazená do vzorce (1). [57] [58]

$$HU = 100 \times \log(h - 1,7 \times m + 7,6) \quad (1)$$

V průběhu skladování dochází ke změnám uvnitř vejce. Skrze póry skořápy se z vejce odpařuje voda, což má za následek zvětšení vzduchové bubliny. Z bílku se postupně uvolňuje CO_2 , čímž se zvýší jeho pH a bílek začíná řídnout. [57]

Kvalitu a čerstvost vajec lze také posoudit podle indexu žloutku, který je poměrem výšky a průměru žloutku. Žloutek čerstvého vejce má obvykle hodnotu indexu kolem 0,45. V průběhu stárnutí vajec dochází k prostupu vody z bílku do žloutku, což má za následek jeho zvětšování a namáhání vitelinové membrány, která je pak více náchylná k prasknutí. [56] [59]

S dobou skladování se kvůli výparu vody hmotnost vejce snižuje, stejně tak klesá HU i index žloutku. [59]

3.2.2 Hodnota pH

U právě sneseného vejce se pH bílku pohybuje mezi 7,6 a 7,9. Hodnota pH žloutku je přibližně 6,0. Během prvních 4 dní skladování se z bílku uvolňuje CO_2 a jeho pH rychle stoupá k 9,0. Poté se zvyšování pH zpomalí, bílek dosahuje maximálně pH 9,7. U žloutku lze také pozorovat nárůst pH, ačkoliv mírnější než u bílku, pouze k hodnotě mezi 6,4 a 6,9. Hodnota pH je také spolehlivým indikátorem čerstvosti vejce. [8] [42]

3.2.3 Barva žloutku

Na barvu žloutku, její odstín a intenzitu má přímý vliv složení krmiva nosnice, a to zejména množství a typ v něm přítomných karotenoidů. Barva žloutku je spotřebiteli vnímána jako indikátor kvality a pro chovatele a prodejce je tedy žádoucí suplementace krmiva doplňky obsahujícími karotenoidy. [56]

Intenzita ukládání karotenoidů do žloutku závisí na jejich množství a také na obsahu a kvalitě tuku ve stravě. Pokud nosnice přijímají malé množství karotenoidů, využijí je přednostně jako antioxidanty místo uložení do žloutku. Naopak při suplementaci příliš vysokými dávkami karotenoidů (např. více než 500 mg luteinu na kg krmiva) se intenzita ukládání do žloutku snižuje a takový postup je tedy co se týče vylepšování barvy žloutku zbytečný. Nedostatek tuku ve stravě snižuje míru na ukládání karotenoidů do žloutku. [52]

Pro dosažení žádoucí tmavě oranžové barvy žloutku je nutné kombinovat žluté karotenoidy (lutein, zeaxantin) s červenými karotenoidy (kantaxantin). [60]

Barvu žloutku lze měřit spektrofotometricky s vyjádřením výsledků pomocí systému $L^*a^*b^*$ nebo manuálně porovnáním žloutku na bílém pozadí oproti speciálnímu vzorníku „dsm-firmenich YolkFan™“ (dříve známé jako škála Roche) s 16 stupni intenzity žluté a oranžové barvy (viz obrázek 10). [53] [61]



Obrázek 10 Vzorník pro určení barevného odstínu žloutku. [61]

3.3 Mikrobiologie vajec

Náchylnost vajec k mikrobiologické kontaminaci je do vysoké míry ovlivněna jejich komplikovanou heterogenní strukturou. Kutikula, skořápka a podskořápkové blány slouží jako první bariéra pro vnik mikroorganismů a vysoce účinnou obranyschopnost má i bílek díky svému vysokému pH a obsahu lysozymu. [62]

Obecně vejce mohou být kontaminována dvěma cestami; může dojít ke kontaminaci již ve vaječnicku nosnice a je tak kontaminován žloutek (endogenní kont.), nebo dochází ke kontaminaci skořápky v oblasti kloaky nebo z prostředí po snesení (exogenní kont.). Endogenní kontaminace je velmi sporadická, mnohem častější a závažnější pro potravinový řetězec jsou kontaminace exogenní. [62] [63]

Na skořápce vajec nalezneme mimo jiné například bakterie rodu *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Salmonella*, *Escherichia* či *Pseudomonas* a *Proteus*, které se účastní kažení vajec. Celkový počet KTJ (kolonie tvořících jednotek) aerobních mezofilních mikroorganismů na skořápce jednoho vejce se pohybuje od $10^{3,8}$ do $10^{6,3}$. [64]

Ačkoliv kutikula poskytuje dobrou obranu před mikroorganismy, bakterie rodu *Pseudomonas* obsahují glykolytické enzymy, které mohou kutikulu při zvýšené vlhkosti povrchu vejce narušit. Toto riziko je zvýšené ihned po snesení vejce a při orosení povrchu vejce v důsledku špatného skladování. Kutikula poškozená v důsledku mikrobiální aktivity, stárnutí vajec nebo neopatrné manipulace ztrácí svou obrannou funkci. [65] [64]

Maximální počty mikroorganismů jsou nařízením komise (ES) č. 2073/2005 ze dne 15. listopadu 2005 o mikrobiologických kritériích pro potraviny stanoveny pouze pro vaječné výrobky. U vaječných výrobků je požadována nepřítomnost bakterií rodu *Salmonella* ve 25 g vzorku (u každého z 5 odebraných vzorků) a pro čeled' *Enterobacteriaceae* je limit 100 KTJ/g u maximálně 2 z 5 vzorků, přehled je uveden v tabulce 7. [66]

Tabulka 7 Mikrobiologická kritéria pro vaječné výrobky [66]

Mikroorganismus	n	c	m	M
<i>Salmonella</i>	5	0	nezjištěno v 25 g	
<i>Enterobacteriaceae</i>	5	2	10 KTJ/g	100 KTJ/g

Mikrobiologie vaječných výrobků ale úzce souvisí s kontaminací skořápky, jelikož vytloukání vajec je velmi rizikové z hlediska přenosu mikroorganismů ze skořápky do vaječných obsahů. Toto riziko je minimalizováno správnou hygienou při výtlučku, ale pozitivní vliv má především nižší celkový počet mikroorganismů na vaječné skořápce. [63]

3.3.1 Bakterie rodu *Salmonella*

V EU 44-68 % nálezů salmonelózou souvisí právě s manipulací a konzumací vajec. Hlavními opatřeními proti kontaminaci vajec je zamezení znečištění a rozbití skořápky. Důležitý je také správný teplotní režim skladování a přepravy vajec, při kterém by nemělo docházet k výkyvům teplot, a tedy rosení vajec. Hlavním důvodem rizikovosti vajec je jejich častá konzumace v syrovém nebo málo tepelně upraveném stavu (majonézy, zmrzliny, krémy, příprava vajec „na měkko“). [62] [67]

Bakterie *Salmonella enterica* patří do čeledi *Enterobacteriaceae*, jedná se o gram-negativní tyčinku o velikosti 1 až 5 μm . Optimum růstu je při 37 °C, díky čemuž jsou salmonely velmi dobře adaptovány na trávicí trakt živočichů. Při chladírenských (<7 °C) i mrazírenských teplotách salmonely přežívají, ale nerostou a nemnoží se. Optimální pH pro růst je 6,7–7,5; tyto bakterie ale dokážou přežít i kyselé pH lidského žaludku (pH 1,5–2) a dostávat se tak dále do trávicího traktu. V suchém prostředí ($a_w < 0,93$) salmonely nerostou, ale velmi dlouho přežívají. [65] [67] [68]

Při endogenní kontaminaci vajec se vyskytují zejména bakterie *S. Enteritidis*, bakterie *S. Typhimurium* figurují pouze v kontaminaci vajec exogenní cestou. [67]

Po infekci se první příznaky dostávají po 6–48 h, v závislosti na velikosti infekční dávky. Salmonelóza se projevuje typickými gastrointestinálními příznaky, jako jsou průjem, bolest břicha, zvýšená teplota, nevolnost atd., které mohou trvat 1–2 týdny (zvýšená teplota 1–2 dny). Vážnější potíže mohou nastat u osob se sníženou imunitou. [67]

Schopnost bakterií rodu *Salmonella* penetrovat skořápku je velmi vysoká a zvyšuje se s mírou poškození kutikuly (praskání v důsledku stárnutí vejce, mikrobiální rozklad kutikuly). Prostředí bílku je pro salmonely nepříznivé, jeho pH je pro růst příliš vysoké a není zde dostatek živin (např. železa). Problém nastává ve chvíli, kdy je vejce vystaveno vyšším teplotám, dojde k oslabení membrány a bakterie tak mohou migrovat do žloutku, který je velmi bohatý na živiny a může zde probíhat velmi rychlý růst a množení. [69]

3.4 Funkční vlastnosti vajec

3.4.1 Nutriční vlastnosti

Vejsce jsou pro člověka velice dobrým zdrojem proteinu, zejména proto, že obsahují všechny esenciální aminokyseliny. Také biologická hodnota vaječného proteinu (tj. jak efektivně je protein využit k přeměně na tkáň) je velmi vysoká, dosahuje skóre 94/100. Většina tuků se vyskytuje ve vaječném žloutku, poměr mezi nasycenými a nenasycenými mastnými kyselinami je výživově příznivý, stejně jako poměr n-6:n-3 nenasycených mastných kyselin. [41] [70]

Kontroverzní složkou vajec byl cholesterol, momentálně ale panuje konsenzus, že cholesterol z vajec, pokud jsou konzumována v přiměřeném množství (1–2 vejce denně), nesouvisí s významným zvýšením hladiny cholesterolu v krvi, a tedy ani se zvýšeným rizikem srdečních a cévních onemocnění. [70] [71]

Vejsce také obsahují všechny vitaminy s výjimkou vitamínu C. Dvě vejce denně dokážou pokrýt 10 až 30 % denní potřeby vitaminů. [72]

Významnou živinou je cholin, který se nachází ve žloutku ve formě fosfatidylcholinu. Cholin je důležitý pro správný vývoj a funkci nervové soustavy, vaječný žloutek ho obsahuje průměrně 125 mg, čímž splňuje 25 % doporučené denní dávky. [70]

Zbarvení žloutku způsobují karotenoidy, které mají bioaktivní vlastnosti a díky tukům obsaženým ve žloutku jsou pro člověka využitelné lépe než ty z přírodních zdrojů či doplňků stravy. Lutein a zeaxantin jsou ukládány v sítnici, kde se stávají součástí tzv. makulárního pigmentu, který chrání sítnici před předčasným stárnutím. Také mohou působit proti oxidativnímu stresu. [70] [71] [73]

Průměrné nutriční hodnoty slepičího vejce jsou uvedeny v tabulce 8.

Tabulka 8 Nutriční hodnoty slepičího vejce (na 100 g vaječného obsahu) [70]

Energetická hodnota	599 kJ
	143 kcal
Proteiny	12,56 g
Lipidy	9,51 g
Nasyčené mastné kyseliny	3,13 g
MUFA	3,66 g
PUFA	1,91 g
Cholesterol	372 mg

Vejce jsou bohatá na fosfor, vápník a draslík. Obsahují ale i esenciální stopové prvky jako například selen či zinek, obsahy těchto prvků ve vejcích jsou uvedeny v tabulce 9. Selen je pro člověka důležitý z důvodu svých antioxidačních vlastností, je součástí enzymu glutathion peroxidázy, která přeměňuje reaktivní formy kyslíku na ty pro tělo neškodné. Selen obsažený ve vejcích je pro lidské tělo velmi dobře vstřebatelný. Zinek je důležitý pro prevenci kožních onemocnění, správný růst a funkci imunitního systému. Vejce jsou vhodným a cenově dostupným zdrojem zinku s lepší využitelností než z rostlinných zdrojů, které mají kvůli obsahu kyseliny fytové využitelnost zinku nižší. [74] [75] [76] [72]

Tabulka 9 Obsahy vybraných prvků ve vejcích [10] [72]

Prvek	Průměrný obsah v celém jedlém podílu vejce [mg/100 g]	Referenční hodnota příjmu (RHP) [mg]	% RHP
Fosfor	198	700	28,3
Vápník	56	800	7
Draslík	138	2 000	6,9
Zinek	1,29	10	12,9
Selen	0,03	0,06	50

3.4.2 Technologické vlastnosti

Emulgační schopnost

Emulze je směs dvou nemísitelných kapalin. K dosažení stability takové směsi je nutné použít emulgátor. Vaječný žloutek je díky obsahu FL dobrým emulgátorem. Běžně se používá celý, ale zkoumá se i možnost použití pouze žloutkových granulí jako nízkotučné varianty emulgátoru pro majonézu. Emulgační schopnosti žloutků se využívají kromě výroby majonézy i při výrobě různých cukrářských výrobků, omáček či zmrzliny. [42] [77] [78]

Emulgační schopnost mají amfipatické molekuly, tj. molekuly obsahující hydrofilní a hydrofobní část, čímž mohou stabilizovat rozhraní nemísitelných kapalin pomocí snížení napětí. Takovými molekulami jsou právě lipoproteiny nebo fosfolipidy (např. lecitin). [79]

Emulgační schopnost bílku je limitována terciární strukturou jeho proteinů, která je globulární a většina hydrofobních aminokyselin, nezbytných pro emulgaci, je skrytých uvnitř této struktury. [80]

Koagulace a tvorba gelu

Koagulace je důsledkem změny konformace proteinů a jejich částečné denaturace. U vajec se jedná o proces závislý zejména na teplotě, bílek koaguluje při teplotě 62 °C, žloutek díky obsahu lipidů až při 65 °C. Proteiny bílku koagulují také při dosažení pH 11,9 (při pokojové teplotě). Denaturované proteiny se shlukují a pomocí kovalentních vazeb, disulfidických vazeb a hydrofobních interakcí vytvoří pravidelnou strukturu gelu. [78]

Tvorba pěny

Pěna je dvoufázový systém typu „vzduch v kapalině“ a vzniká zabudováním vzduchu do vodné fáze pomocí mechanického šlehání. Dochází k denuraci proteinů, které stabilizují fázové rozhraní. Pro své pěnotvorné vlastnosti se používá hlavně bílek, nejdůležitějším proteinem pro tvorbu pěny je ovoalbumin. Žloutek má kvůli obsahu lipidů malou schopnost tvorby pěny. [41] [78]

4 VLIV ZPŮSOBU CHOVU NOSNIC NA VYBRANÉ PARAMETRY KVALITY VAJEC

V České republice se ročně spotřebuje přibližně 250 vajec na osobu. Průměrná spotřebitelská cena za jedno vejce (z klecového chovu) v roce 2023 činila 4,65 Kč, což je o 51 % více, než v roce 2014 (3,08 Kč). Ačkoliv cena vajec v Česku roste, nejnovější data MZe ukazují, že je stále 20,8 % pod průměrem ceny v EU. [81]

Dle dat Evropské komise se v EU chová 39,7 % nosnic v klecích, 37,8 % nosnic v halách (podestýlkový chov), 15,5 % nosnic ve volném výběhu a v bio chovech je chováno 7,1 % nosnic. V Česku stále významně převládá chov nosnic v klecích (61 %), ve volném výběhu je chováno 1,4 % nosnic a v bio chovech pouze 0,5 % nosnic. Významně nad Evropským průměrem je s bio chovem nosnic Francie (14,2 %), Německo (14,1 %) nebo Rakousko (13,4 %). [82]

Data o ceně vajec (tabulka 10) byla získána při průzkumu tržní sítě v ČR v listopadu 2023 a dubnu 2024. Zákazníci si dle zjištěných informací za vejce z volného výběhu či bio chovu připlatí přibližně dvakrát více.

Tabulka 10 Spotřebitelské ceny vajec z různých chovů

Způsob chovu	Cena v Kč (11/2023)	Cena v Kč (04/2024)
0 - Bio	12,05	12,41
1 - Volný výběh	9,19	10,90
2 - Podestýlka	4,48	5,75
3 - Klece	4,95	4,50

Spotřebitelé vesměs očekávají, že za vyšší cenu se jim dostane produktů vyšší kvality. U vajec z volného výběhu a bio chovu předpokládají, že budou chutnější, bezpečnější a zdravější nebo nutričně bohatší. Lepší chuť a kvalitu spotřebitelé očekávají také od vajec z lokálních domácích chovů. Vejce z volného výběhu a bio chovu kupují především lidé s vyšším příjmem a vzděláním a také domácnosti s dětmi. Spotřebitelé při výběru vajec hledí kromě kvality také na životní podmínky slepic, naopak příliš nedbají na dopady různých typů produkce vajec na životní prostředí. [83] [84]

Největšími překážkami pro nákup biopotravin je cena a také nedůvěra některých spotřebitelů v systém kontroly a certifikace ekologického zemědělství. Z těchto důvodů je velmi důležité

objektivně zkoumat a následně komunikovat pozitivní vliv ekologického zemědělství na životní prostředí, kvalitu potravin a životní podmínky zvířat. Jednou z cest, jak podpořit transparentnost ekologického zemědělství, je také vývoj nových metod, kterými lze odhalit falšování biopotravin. [85] [86]

Otázkou je, jestli způsob chovu nosnic může ovlivnit vedle kvality života i fyzikální a chemické vlastnosti vajec. Kvalita vajec v souvislosti se způsobem chovu může být ovlivněna množstvím prostoru pro nosnice, jeho uspořádáním a tím, jestli mají nosnice přístup k venkovní pastvě, která jim poskytuje rozmanitou potravu (např. volně rostoucí rostliny, hmyz). [58]

Do jaké míry způsob chovu nosnic ovlivňuje kvalitu vajec je ovšem ve vědeckých kruzích stále do jisté míry kontroverzním tématem a v mnoha ohledech zatím neexistuje jasný konsenzus, je tedy třeba, aby byla korelace způsobu chovu nosnic a kvality vajec dále zkoumána a věnuje se jí i tato práce. [6] [85]

4.1 Hmotnost

Hmotnost vajec je důležitým parametrem nejen pro spotřebitele, ale zejména pro samotné producenty vajec a vaječných výrobků, jelikož souvisí s ekonomickou výkonností podniku. [6]

Výsledky studií na toto téma se liší. Konvenční klecové chovy sice dle některých autorů produkují zejména oproti chovům s výběhem vejce s nižší hmotností, mohou ale být celkově produktivnější díky intenzivnější snášce a obecně menšímu množství vajec poškozených, znečištěných či snesených mimo hnízdo. [58] [88] [89]

Jiné studie ovšem ukazují buď opačnou souvislost – tedy že vejce z klecových chovů mají obecně vyšší hmotnost, nebo že způsob chovu s hmotností vajec nesouvisí. Rozdíly v hmotnosti vajec mohou být způsobeny i stářím nosnic, přičemž se stářím nosnice se hmotnost snesených vajec zvyšuje. [6] [58]

4.2 pH

Hodnota pH bílku a žloutku se mění v průběhu skladování a v dostupné literatuře nebyla až na výjimky zjištěna souvislost pH vajec se způsobem chovu nosnic. Lze tedy očekávat, že vejce stejného stáří z různých typů chovů nosnic budou mít statisticky stejné pH. [87]

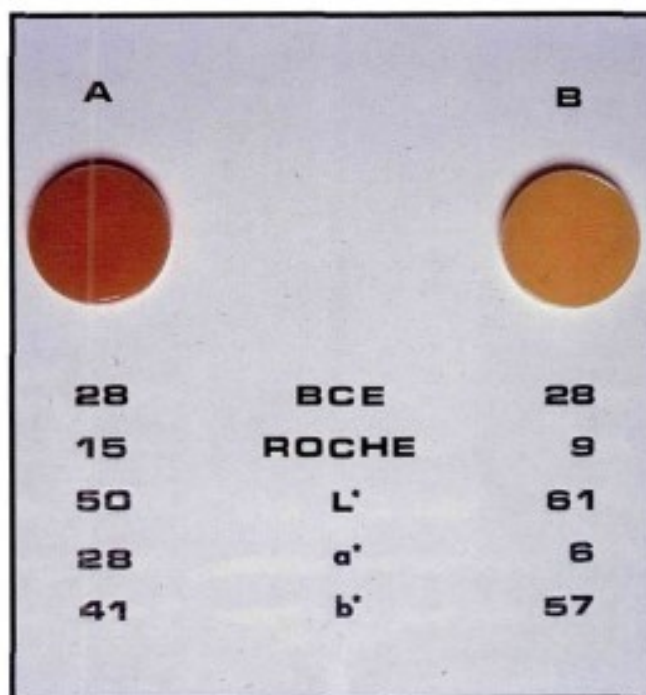
Jediným možným faktorem, který by mohl ovlivnit pH vajec z různých chovů je obsah amoniaku v místě chovu nosnic. V konvenčních a halových chovech bývá díky omezenému proudění vzduchu vyšší koncentrace amoniaku, která se může u vajec projevit vyšší hodnotou pH bílku, tento efekt se ale pravděpodobně projevuje pouze krátce po snášce. [8]

4.3 Obsah karotenoidů a barva žloutku

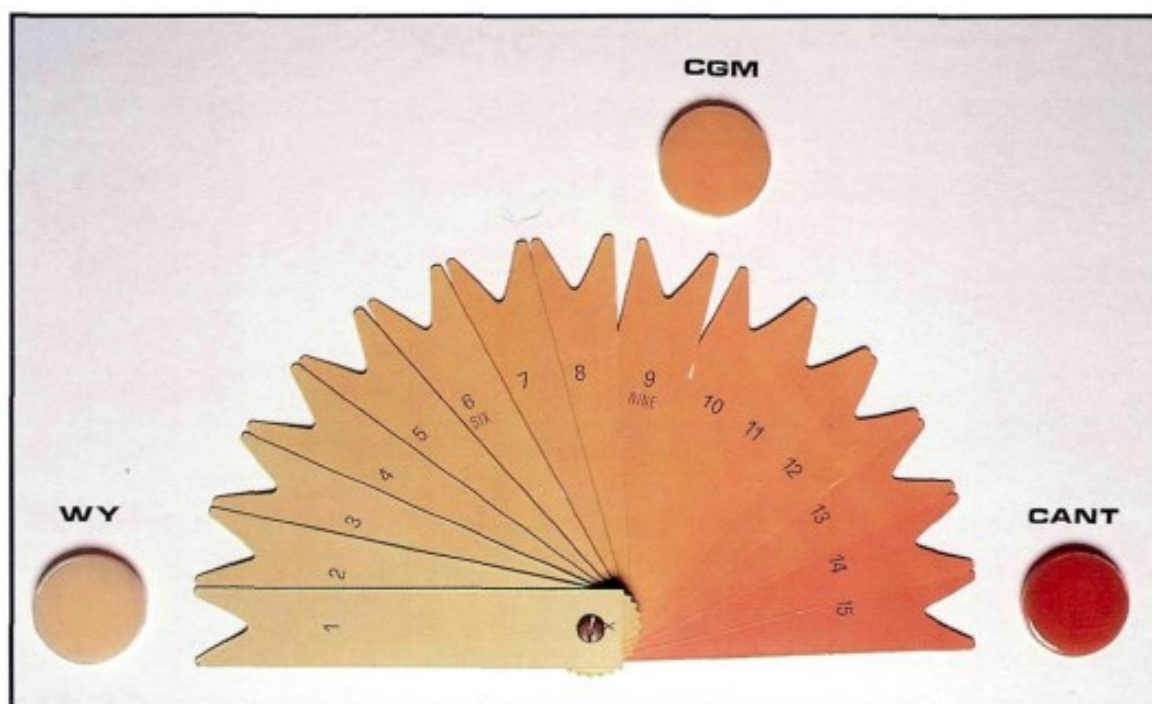
Obsah karotenoidů a jejich vzájemný poměr ve žloutku souvisí se stravou nosnice. Požadavky na stravu nosnic v konvenčních a bio chovech se liší. Rozdíl je v pravidlech pro suplementaci krmiva syntetickými karotenoidy a dalšími látkami a také v možnosti přístupu nosnic na venkovní pastvu. [56]

Karotenoidy se díky tomu ukázaly jako velmi dobrý indikátor pro odlišování vajec a odhalování falšování jejich původu. Díky přístupu nosnic k čerstvé vegetaci mohou mít vejce z bio chovů vyšší obsah luteinu, který způsobí jasně žlutou barvu. Je třeba ale vzít v úvahu, že krmivo nosnic v konvenčních chovech může být o karotenoidy (včetně luteinu) obohaceno, jeho nižší obsah v konvenčních vejcích tedy není pravidlem. Pro identifikaci vajec z bio chovu se z tohoto důvodu osvědčil spíše obsah kantaxantinu, který patří mezi syntetické karotenoidy, dává žloutku až tmavě oranžovou barvu a jeho přidávání do krmiva nosnic v ekologickém chovu je zakázáno, ve žloutcích vajec z bio chovu by se tedy neměl vyskytovat. [8] [85]

Z hlediska spotřebitelů je velmi významným faktorem pro posouzení kvality a atraktivity vajec barva žloutku. Za kvalitní a zdravá jsou považována vejce se žloutky zbarvenými spíše do oranžových odstínů, zatímco velmi světle žluté žloutky nejsou preferovány. Skutečnost je ale taková, že tmavě oranžových odstínů žloutku se navzdory představám spotřebitelů v bio chovu dosahuje bez suplementace syntetickým kantaxantinem velmi obtížně. Vliv suplementace kantaxantinu na barvu žloutku je znázorněn na obrázcích 11 a 12. [60]



Obrázek 11 Porovnání hodnot BCE (ekvivalenty β -karotenu), Roche a $L^*a^*b^*$ u žloutku.
(A) Krmivo s kantaxantinem (B) Krmivo z kukuřičné moučky. [90]



Obrázek 12 Porovnání žloutků oproti barevné škále Roche.
(WY) Krmivo z bílé odrůdy kukuřice (CGM) Krmivo z kukuřičné moučky
(CANT) Krmivo s kantaxantinem. [90]

4.4 Obsah selenu

Vejce obecně představují levný a dobře využitelný zdroj esenciálního prvku selenu. [72]

Selen v organismu drůbeže působí antioxidačně, dále má značný vliv na růst, vývoj a produktivitu drůbeže ve smyslu délky období snášky a kvality snesených vajec. Selen je tedy z důvodu pozitivního vlivu na drůbež a atraktivity pro spotřebitele často přidáván do krmiva nosnic. Z tohoto důvodu byl zjištěn menší obsah Se ve vejcích z domácích chovů, kde krmivo není tímto prvkem suplementováno. [91] [92] [93] [94]

Zároveň se ale ukazuje, že i přes stejný obsah Se ve stravě nosnic, můžou vejce nosnic s přístupem na pastvu ve výsledku obsahovat více Se než vejce z konvenčního chovu. Příčiny tohoto jevu nejsou zatím známy, může se ale opět jednat pouze o vliv věku nebo plemene nosnic. [91]

Přídavek selenu do krmiv je povolen v konvenčním i ekologickém zemědělství. [38]

Podobně jako obsah karotenoidů je i obsah a zastoupení minerálních prvků ve vejcích zkoumáno pro možnosti využití k odhalení falšování původu vajec. [95] [96]

4.5 Obsah těžkých kovů a dalších kontaminantů

Až 90 % těžkých kovů, kterým je člověk vystaven, pochází ze stravy. Vejce mimo těžkých kovů mohou obsahovat další kontaminanty, jako například organochlorové sloučeniny (PCB, DDT, dioxiny). [97] [98]

Spotřebitelé očekávají, že vejce z alternativních chovů budou nejen chutnější, ale především zdravější a bezpečnější. Existuje ovšem podezření, že vejce slepic s přístupem k venkovnímu výběhu mohou obsahovat více kontaminantů než konvenční vejce. Důvodem může být vyšší kontakt s vnějším prostředím a konzumace potenciálně kontaminované hlíny, rostlin a živočichů. [99] [83] [100] [101]

Environmentální kontaminace je ale vysoce místně specifická, výše zmíněné informace tedy nejsou pravidlem. Tyto případy je nutno posuzovat individuálně a věnovat pozornost zejména problematickým oblastem s vysokou zátěží (bývalé či současné těžební oblasti, okolí sléváren, výroben hnojiv). [99] [100] [102]

Z těžkých kovů se ve vejcích nejčastěji vyskytuje olovo a kadmium. Oba kovy jsou vysoce toxické a karcinogenní. Olovo může poškozovat lidský metabolismus a má škodlivý účinek na nervový a gastrointestinální systém a funkci ledvin. Kadmium způsobuje hypertenzi,

poškození ledvin a jater. Vedle toho mají toxické kovy negativní vliv na zdraví nosnic, snižují produktivitu, zvyšují náchylnost ke stresu a nemocem. [97] [102]

Obsah olova ve vejcích je přímo úměrný jeho obsahu v prostředí, kde se nosnice nachází, pokud mají přístup ven. Nosnice v konvenčních chovech nemají přístup ven, je tedy menší riziko, že přijdou do kontaktu s olovem kontaminovanou půdou. Kontaminace vajec kadmium a arsenem může pocházet z krmiva vyrobeného z rostlin hnojených hnojivem obsahujícím kadmium (fosfátová hnojiva), což je naopak větším problémem u konvenčních vajec. [94] [100] [103]

Při posuzování potenciálního rizika spojeného s kontaminanty obsaženými ve vejcích je nutno vzít v potaz individuální stravovací návyky člověka a širokou škálu nutričních benefitů, které nám vejce přináší. [98]

4.6 Mikrobiologická kontaminace

Přítomnost bakterií na povrchu vajec úzce souvisí s celkovou hygienou chovu nosnic a také s následnými kroky v produkci vajec, jako je přeprava a balení. Kontaminace skořápky je zásadním ukazatelem bezpečnosti vajec, jelikož patogenní bakterie na ní přítomné mohou penetrovat do vnitřní části vejce či kontaminovat vaječné obsahy při výtluhu. Kontaminovaná vejce mohou představovat zdravotní riziko pro konzumenty, zejména pokud jsou konzumována syrová či nedostatečně tepelně upravená. [104]

Průzkumy ukazují, že spotřebitelé vejcím z alternativních chovů přisuzují mimo jiné i větší bezpečnost a domnívají se, že v těchto typech chovů jsou na bezpečnost a hygienu kladeny vyšší nároky. Studie, které zkoumají vliv způsobu chovu na mikrobiální kontaminaci, tyto domněnky nepotvrzují a v mnoha případech prokazují opačnou korelaci, tj. že vejce z alternativních chovů jsou více kontaminována mikroorganismy a mohou tedy být potenciálně méně bezpečná. [83] [105] [106] [107]

Důvodem pro vyšší míru kontaminace vajec z alternativních chovů může být zvýšená možnost kontaktu skořápek s podestýlkou a výkaly a také vyšší celková kontaminace ovzduší v místech chovu, která vzniká při víření prachu kvůli volném pohybu nosnic. Klecový chov se jeví jako vhodnější z hlediska hygieny a čistoty produkce vajec. [106] [107]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 CÍL PRÁCE

Cílem této diplomové práce bylo sledovat a porovnat následující parametry u slepičích vajec ze čtyř typů chovů:

- hmotnost celého vejce
- hmotnost žloutku, bílku a skořápky a jejich vzájemný poměr;
- hodnota pH bílku a žloutku;
- obsah karotenoidů ve žloutku;
- barva žloutku;
- obsah selenu;
- obsah vybraných těžkých kovů (As, Cd, Pb);
- mikrobiologické znečištění skořápky.

Vzorky vajec byly odebrány a analyzovány ve stavu, v jakém jsou dostupné v tržní síti a konzumované spotřebiteli v domácnostech. Vybrané parametry mohly díky tomu být objektivně srovnány s očekáváními spotřebitelů, kteří si zejména od vajec z ekologických chovů slibují lepší nutriční a kvalitativní vlastnosti. [83]

Navíc byly kvalitativní parametry vajec zkoumány u vzorků odebraných ve dvou různých obdobích (léto a zima) za účelem zjištění vlivu ročního období na tyto parametry.

Všechna data byla podrobena statistické analýze a porovnána s dostupnou literaturou a případně legislativními limity.

6 CHARAKTERIZACE A ÚPRAVA VZORKŮ

Byly vybrány vzorky vajec z následujících typů chovu nosnic:

- klecový chov (K);
- chov ve volném výběhu (V);
- ekologický – bio chov (B);
- domácí chov (D).

Všechny vzorky kromě vzorků D byly získány z běžné tržní sítě, to znamená v takovém stavu, v jakém si je běžně zakoupí spotřebitelé. Vzorky D byly získány ze soukromého domácího chovu, kde jsou slepice chovány bez přístupu na venkovní pastvu, jsou krmeny komerční krmnou směsí pro slepice¹ s občasným doplněním o čerstvé byliny. Konkrétní podmínky chovu u vzorků K, V a B nebyly známy, jelikož ani spotřebitelé k těmto informacím běžně nemají přístup a řídí se tedy pouze důvěrou v dodržování legislativních požadavků.

Celkem bylo odebráno 14 typů vzorků vajec, 7 z nich v letním období (červenec 2023) a 7 v zimním období (únor 2024). Přehled všech vzorků a jejich charakterizace jsou uvedeny v tabulce 11.

Vzorky byly vybrány tak, aby v době provádění analýz zbývalo do data minimální trvanlivosti 7 dní (± 2 dny). Stáří vajec tak bylo stejné a bylo možné je objektivně hodnotit mezi sebou.

Vejce byla pro účely provedení vybraných analýz (obsah karotenoidů, prvková analýza) lyofilizována. Lyofilizován byl celý vaječný obsah (pro prvkovou analýzu) a pouze žloutek (pro analýzu karotenoidů). Vzorky byly v plastových zkumavkách (obr. 13) umístěny do mrazáku a zmrazeny při -80 °C po dobu 48 h. Takto zmrazené vzorky byly následně lyofilizovány 72 h.

¹ BOSKOP Krmná směs NOSNICE, bez přídavku karotenoidů



Obrázek 13 Vzoroký připravené na lyofilizaci.

Tabulka 11 Označení a charakterizace vzorků

Typ chovu	Období odběru	Označení vzorku	Kód vajec
K	07/2023	K1	CZ2315
		K2	CZ3466
	02/2024	K3	CZ2315
		K4	CZ1745
V	07/2023	V1	CZ3594
		V2	CZ6280
	02/2024	V3	CZ6280
		V4	CZ2385
B	07/2023	B1	CZ7538
		B2	CZ1362
	02/2024	B3	CZ9597
		B4	CZ9597
D	07/2023	D1	-
	02/2024	D2	-

7 MATERIÁLY A METODIKA

7.1 Hmotnost

Použité zařízení

- Analytické váhy LA 214 (VWR, Itálie).

Postup stanovení

Na analytických vahách bylo váženo celé vejce včetně skořápky a následně byl zvážen zvlášť bílek a skořápka, hmotnost žloutku byla vypočtena z rozdílu hmotnosti celého vejce a bílku a skořápky. Následně bylo vypočítáno procentuální zastoupení žloutku a bílku a jejich poměr. Hmotnost byla stanovena u 4 vajec od každého vzorku.

Vyhodnocení

Byl sledován vliv způsobu chovu nosnic na hmotnost vajec a zjištěné závěry byly porovnány dostupnou literaturou.

7.2 pH

Použité zařízení

- pH meter Foodcare HI 99161 (Hanna Instruments, USA).

Princip stanovení

Hodnota pH se využívá pro vyjádření kyselosti látek, vyjadřuje koncentraci protonů $[H^+]$ dle vztahu č. (2). [108]

$$pH = -\log[H^+] \quad (2)$$

Postup stanovení

Hodnota pH byla měřena vždy u bílku a žloutku zvlášť u 4 vajec od každého vzorku.

Vyhodnocení

Byl sledován vliv způsobu chovu nosnic na pH bílku a žloutku a zjištěné závěry byly porovnány dostupnou literaturou.

7.3 Karotenoidy

Použitá zařízení

- Analytické váhy LA 214 (VWR, Itálie).
- Odstředivka D3024 (DLAB SCIENTIFIC, Čína)
- Kapalinový chromatograf UHPLC Dionex Ultimate 3000, detektor UV/VIS, DAD (Thermo Fisher Scientific, USA)
- Kolona YMC CAROTENOID S-5 μm : 250mm x 4,6 mm (Waters, USA)

Použité chemikálie

- Chlorid sodný p.a. (MIKROCHEM, Slovensko)
- Butylhydroxytoluen – BHT (P-LAB, Česká republika)
- Isopropanol p.a. (Lach-Ner, Česká republika)
- Hexan p.a. (Lach-Ner, Česká republika)

Princip stanovení

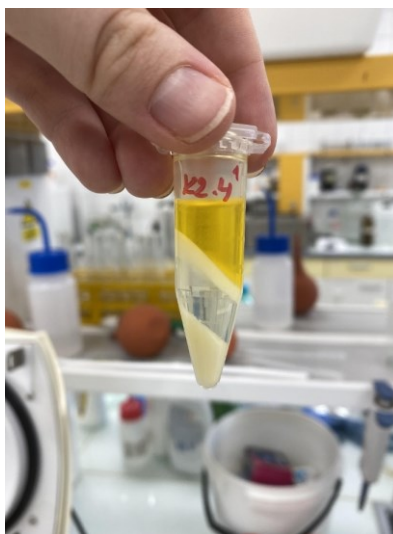
Karotenoidy jsou hydrofobní látky a z matric jsou tedy extrahovány pomocí organických rozpouštědel. Pro účely této práce byl použit isopropanol a hexan s přidavkem BHT, který plní funkci antioxidantu a zabraňuje tak oxidaci karotenoidů. [109]

Pro stanovení byla použita C30 kolona. Jedná se o kolonu s reverzní fází, obsahuje nepolární stacionární fázi (C30 alkyl kovalentně navázaný na silikagel) a ukazuje se jako nejvhodnější pro separaci karotenoidů s podobnou strukturou. Mobilní fáze A byla metanol, mobilní fáze B směs metanol/metyl-terc-butyléter (v poměru 1:4), využita byla gradientová eluce, při které se postupně snižovala polarita mobilní fáze, více polární látky tak měly kratší retenční čas. [73] [110]

Postup stanovení

Metoda stanovení karotenoidů sestávala ze dvou částí; extrakce karotenoidů ze žloutku a analýza extrahovaných karotenoidů vysokoúčinnou kapalinovou chromatografií (HPLC). Pro stanovení byly použity žloutky dvou vajec z různých balení pro každý vzorek, z každého žloutku byly připraveny dva extrakty obsahující karotenoidy a každý extrakt byl dvakrát proměřen na chromatografu.

Pro extrakci bylo do lékovek z tmavého skla naváženo 1,5 g lyofilizovaného žloutku, k němuž byly přidány 4 ml 0,1 M roztoku NaCl. Směs byla 30 minut míchána na magnetickém míchadle. Následně byly přidány 3 ml hexanu s 0,05% přídavkem BHT a 2 ml isopropanolu a směs byla intenzivně míchána dalších 15 minut. Po uplynutí této doby byly vzorky přemístěny do zkumavek Eppendorf a odstředěny po dobu 15 min při rychlosti 15 000 otáček za minutu. Horní vrstva ze zkumavky obsahující karotenoidy a použítá rozpouštědla (obrázek 14) byla odsáta a přenesena na odpařovací misku.



Obrázek 14 Vzorek po extrakci a odstředění, zabarvená horní vrstva obsahuje karotenoidy.

Zbytek ve zkumavce byl přemístěn zpět do lékovky a společně s dalším přídavkem 3 ml hexanu s 0,05 % BHT a 2 ml isopropanolu znovu intenzivně míchán 15 minut. Následoval stejný postup jako při první extrakci. Po odpaření veškerého rozpouštědla byl zbytek na misce obsahující karotenoidy rozpuštěn v isopropanolu a kvantitativně převeden do 10 ml odměrných baněk.

Odměrné baňky byly doplněny po rysku isopropanolem a následně byl jejich obsah filtrován přes syringe filtr (velikost póru 0,22 μm) do vialek pro HPLC z tmavého skla o objemu 1,5 ml.

Dále bylo provedeno samotné chromatografické stanovení karotenoidů, jehož parametry jsou uvedeny v tabulce 12.

Tabulka 12 Parametry chromatografického stanovení karotenoidů

Zařízení	UHPLC Dionex Ultimate 3000
Detektor	UV/VIS, DAD
Kolona	YMC CAROTENOID S-5 μm : 250mm x 4,6 mm
Mobilní fáze A	Metanol
Mobilní fáze B	Metanol a Metyl-terc-butyléter v poměru 1:4
Průtok	0,6 ml·min ⁻¹
Délka analýzy	45 min
Teplota kolony	28 °C
Objem nástřiku	50 μl
Vlnová délka λ	Vyhodnoceno při 450 nm

Vyhodnocení

Obsah luteinu, zeaxantinu a kantaxantinu byl vypočítán pomocí kalibračních rovnic. Kalibrační přímky a jejich rovnice byly získány proměřením příslušných standardů karotenoidů o koncentracích 1, 5, 10 a 20 $\mu\text{g/ml}$. Byl sledován vliv způsobu chovu nosnic na množství a typ karotenoidů ve žloutku a zjištěné závěry byly porovnány dostupnou literaturou.

7.4 Barva žloutku

Použité zařízení

- UltraScan VIS Spektrofotometr (HunterLab, USA)

Princip stanovení

Barvu lze charakterizovat pomocí tří parametrů. Pro instrumentální měření barvy byl vyvinut systém CIELAB, který pro popis barvy využívá parametry L^* (lightness – světelnost, hodnoty 1-100), a^* (pro $a^* > 0$ odstíny červené, pro $a^* < 0$ odstíny zelené) a b^* (pro $b^* > 0$ odstíny žluté, pro $b^* < 0$ odstíny modré). [111]

Postup stanovení

Barva byla stanovena na přístroji UltraScan VIS vždy u směsi dvou žloutků od každého vzorku. V kyvetě o šířce 10 mm byl nejprve proměřen standard (destilovaná voda) a následně byly při vlnových délkách 360-780 nm měřeny vzorky.

Vyhodnocení

Byl sledován vliv způsobu chovu nosnic a obsahu karotenoidů ve žloutku na jeho barvu a zjištěné závěry byly porovnány dostupnou literaturou.

7.5 Prvková analýza

Použitá zařízení

- Mikrovlnná pec ETHOS ONE (MILESTONE, Itálie)
- iCAP Q ICP-MS a software Qtegra™ (Thermo Fisher Scientific, USA)

Použité chemikálie

- Peroxid vodíku 30%, Analpure Ultra (Analytika, Česká republika)
- Kyselina dusičná 67%, Analpure (Analytika, Česká republika)
- Deionizovaná voda připravená přímo v laboratoři

Princip stanovení

Pomocí metody ICP-MS (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry – Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem) lze měřit obsah prvků ve vzorcích. Výhodami metody jsou schopnost detekovat velmi nízké koncentrace (až ppt – parts per trillion či biliontina z celku), schopnost rozlišit různé izotopy prvků a stanovení velkého množství prvků zároveň.

Metoda využívá argonové plazma k atomizaci vzorku a excitaci atomů. Po rozpadu veškerých chemických vazeb vzorku jsou atomy ve formě iontů vedeny do hmotnostního spektrometru, kde jsou rozděleny a detekovány na základě rozdílného poměru hmotnosti a náboje. [112]

Pro minimalizaci vzniku chyb při analýze je klíčová správná příprava vzorku. U složitých matric, jako jsou vzorky potravin, se jeví jako nejvhodnější mikrovlnný rozklad pomocí kyseliny dusičné v kombinaci s oxidačním činidlem (nejčastěji peroxid vodíku). Ve všech krocích přípravy vzorku a manipulace s ním je důležité dbát na zabránění kontaminace a použití chemikálií vhodných k prvkové analýze. [113]

Postup stanovení

Pro stanovení byla použita dvě vejce z různých balení každého vzorku. Z každého vejce byly vytvořeny tři mineralizáty, u kterých byla provedena prvková analýza. Obsah prvků v každém mineralizátu byl změřen celkem třikrát a hodnoty byly zprůměrovány.

Nejprve byla provedena mineralizace mikrovlnným rozkladem. Do teflonové cely mineralizátoru bylo umístěno 0,5 g lyofilizovaného vaječného obsahu (bílek + žloutek)

společně se 7 ml kyseliny dusičné a 1 ml peroxidu vodíku. Samotná mineralizace probíhala 15 minut při teplotě 200 °C a výkonu 1 500 W. Takto připravený vzorek byl převeden do plastových zkumavek a doplněn deionizovanou vodou do objemu 25 ml a analyzován na zařízení ICP-MS.

Vyhodnocení

Software Qtegra™ propojený s hmotnostním spektrometrem po proměření kalibračních roztoků se standardy o známé koncentraci vytvořil kalibrační rovnice pro jednotlivé prvky. Pomocí kalibračních rovnic a známých navážek vzorků software vypočítal koncentraci prvků ve vzorku. Koncentrace prvků byly v případě Se porovnány s RHP (referenční hodnota příjmu) a v případě kontaminantů As, Cd a Pb s BMDL₀₁ (Benchmark Dose Lower Confidence limit – spodní limit dávky odpovídající zvýšení zdravotního rizika o 1 %) nebo TWI (Tolerable Weekly Intake – přípustný příjem za týden). Opět byl sledován vliv způsobu chovu nosnic na obsah selenu a těžkých kovů a zjištěné závěry byly porovnány dostupnou literaturou.

7.6 Mikrobiologická analýza skořápky

Použité mikrobiologické půdy

- Nutrient Broth (HiMedia, Indie)
- Nutrient Agar (Laboratorios Conda, Španělsko)
- Triple Sugar Iron Agar (Laboratorios Conda, Španělsko)
- RVS (Merck, Německo)

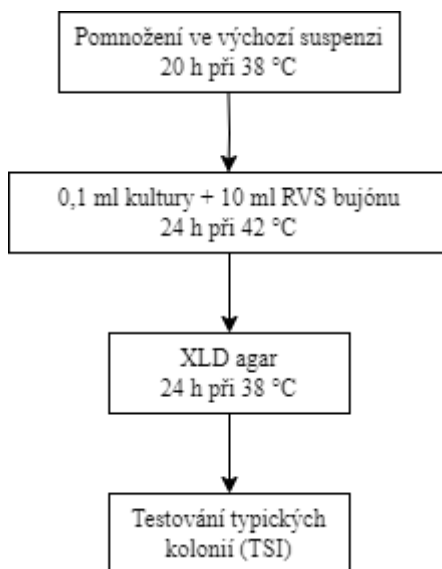
Postup stanovení

Pro účely mikrobiologické analýzy skořápky byla vybrána vždy 2 neznečištěná a nepoškozená vejce od každého vzorku.

Výchozí suspenze byla připravena dle normy ČSN EN ISO 6887-4 Mikrobiologie potravinového řetězce – Příprava analytických vzorků, výchozí suspenze a desetinásobných ředění pro mikrobiologické zkoušení – Část 4: Specifické pokyny pro různé výrobky. Vejce bylo z neotevřeného spotřebitelského obalu sterilně odebráno a umístěno do sterilního sáčku společně s 10 ml sterilního bujónu, následně bylo vejce v sáčku šetrně masírováno 2 minuty. [114]

Stanovení celkového počtu mezofilních aerobních mikroorganismů bylo provedeno dle normy ČSN EN ISO 4833-2 Mikrobiologie potravinového řetězce – Horizontální metoda pro stanovení počtu mikroorganismů – Část 2: Technika roztěrem a počítání kolonií vykultivovaných při 30 °C. Z výchozí suspenze bylo připraveno desítkové ředění. Na plotny s živným agarem bylo očkováno 0,1 ml vzorku metodou roztěru. Plotny byly inkubovány 72 h při 30 ± 1 °C. [115]

Průkaz bakterií rodu *Salmonella* byl proveden dle normy ČSN EN ISO 6579-1 Mikrobiologie potravinového řetězce – Horizontální metoda průkazu, stanovení počtu a sérotypizace bakterií rodu *Salmonella* – Část 1: Průkaz bakterií rodu *Salmonella*. Konkrétní schéma postupu je znázorněno na obrázku 15. [116]



Obrázek 15 Schéma postupu průkazu bakterií rodu *Salmonella*.

Vyhodnocení

Mikrobiologické zkoušky byly vyhodnoceny podle příslušných norem. Z důvodu neexistence legislativních limitů pro mikrobiologické znečištění skořápek vajec byly výsledky porovnány s daty dostupnými v literatuře a také byl sledován vliv způsobu chovu nosnic na mikrobiologické znečištění skořáčky.

Hodnota KTJ/ml byla vypočtena pomocí vzorce č. 3 a následně převedena na log(KTJ/ml).

$$N = \frac{\sum C}{V \cdot (n_1 + 0,1 \cdot n_2) \cdot d} \quad (3)$$

Kde: N – počet mikroorganismů [KTJ/ml]

$\sum C$ – součet kolonií ze všech ředění vybraných pro výpočet

V – objem inokula očkovaného na plotny [ml]

n – počet ploten použitých z vybraných ředění

d – ředící faktor prvního vybraného ředění.

7.7 Statistické vyhodnocení

Pomocí metody ANOVA (Analysis of Variance) a následného Tukeyho testu rozsahu bylo zjištěno, jestli se mezi sebou jednotlivé vzorky a typy chovu nosnic ve zkoumaných parametrech významně liší.

8 VÝSLEDKY A DISKUZE

8.1 Hmotnost vajec

V tabulce 13 jsou uvedeny hmotnosti celého vejce (CV), bílku (BL), žloutku (ŽL) a skořápky (SK). Všechna vejce byla na trh uvedena jako vejce hmotnostní třídy M (53-63 g), výjimkou byly vzorky V2 a V3, uvedeny jako vejce hmotnostní třídy M-L (53-73 g). Vzorky D1 a D2 představovaly vejce z domácího chovu neuváděná na trh, přesto ale k analýzám byla vybrána pouze vejce spadající do hmotnostní třídy M.

Statisticky významný rozdíl v hmotnosti celého vejce byl zjištěn u vzorku V3 ($63,61 \pm 3,63$ g) a vzorků B3 a D1 ($55,69 \pm 1,64$ a $55,57 \pm 1,45$ g). Tedy lze říci, že celková hmotnost vajec V2 a V3 nebyla významně ovlivněna zařazením těchto vajec do rozdílné hmotnostní třídy.

Tabulka 13 Hmotnost vajec (n = 4)

Vzorek	Hmotnost [g]			
	CV	BL	ŽL	SK
K1	56,96 ^{ab} ± 2,23	31,65 ^c ± 1,31	17,94 ^{ab} ± 0,68	7,38 ^b ± 0,37
K2	60,96 ^{ab} ± 2,50	32,89 ^{bc} ± 1,75	20,57 ^a ± 2,06	7,50 ^{ab} ± 0,41
K3	59,00 ^{ab} ± 3,15	34,26 ^{bc} ± 3,11	17,17 ^{bc} ± 0,66	7,56 ^{ab} ± 0,39
K4	62,21 ^{ab} ± 1,15	36,51 ^{ab} ± 0,95	17,36 ^{bc} ± 0,67	8,33 ^{ab} ± 0,75
V1	58,81 ^{ab} ± 3,02	35,92 ^{ab} ± 3,58	15,61 ^{bc} ± 1,54	7,28 ^b ± 0,31
V2	62,24 ^{ab} ± 2,48	37,08 ^{ab} ± 1,18	16,64 ^{bc} ± 1,12	8,53 ^{ab} ± 0,71
V3	63,61 ^a ± 3,63	39,78 ^a ± 2,63	15,69 ^{bc} ± 1,01	8,14 ^{ab} ± 0,87
V4	58,11 ^{ab} ± 4,19	35,68 ^{ab} ± 3,16	14,33 ^c ± 1,34	8,10 ^{ab} ± 0,86
B1	59,66 ^{ab} ± 2,20	34,94 ^{ab} ± 1,40	17,05 ^{bc} ± 1,44	7,67 ^{ab} ± 0,44
B2	60,46 ^{ab} ± 3,16	34,81 ^{ab} ± 2,36	17,85 ^{ab} ± 1,25	7,81 ^{ab} ± 0,55
B3	55,69 ^b ± 1,64	33,47 ^{bc} ± 1,64	14,62 ^c ± 0,83	7,61 ^{ab} ± 0,34
B4	59,91 ^{ab} ± 1,38	36,87 ^{bc} ± 0,55	15,17 ^{bc} ± 0,98	7,88 ^{ab} ± 0,60
D1	55,57 ^b ± 1,45	31,63 ^c ± 1,74	15,62 ^{bc} ± 1,48	8,32 ^{ab} ± 0,97
D2	58,24 ^{ab} ± 3,33	33,33 ^{bc} ± 1,44	15,63 ^{bc} ± 1,46	9,28 ^a ± 1,53

^{abc} Hodnoty ve sloupci s různými indexy se významně liší (P < 0,05)

Hmotnosti všech vzorků vajec byly zprůměrovány pro jednotlivé typy chovu, získané hodnoty jsou uvedeny v tabulce 14. Po provedení statistické analýzy bylo zjištěno, že hmotnosti celých vajec z různých chovů se významně neliší. Míra vlivu způsobu chovu nosnic na hmotnost vajec zatím není příliš objasněná a výsledky studií na toto téma jsou variabilní. Zatímco Vlčková et al. (2018) i Sharma et al. (2022) zaznamenali vyšší hmotnost vajec z chovů klecových oproti alternativním, Hidalgo et al. (2008) pozorovali nejvyšší hmotnost u vajec nosnic z volného výběhu. Je pravděpodobné, že na hmotnost vajec mají významnější vliv jiné faktory jako stáří či plemeno nosnic. [105] [107] [117]

Tabulka 14 Průměrná hmotnost vajec z různých chovů (n = 16, n(D) = 8)

Typ chovu	Hmotnost [g]							
	CV		BL		ŽL		SK	
K	59,78	± 3,10	33,83 ^b	± 2,67	18,26 ^a	± 1,80	7,69 ^b	± 0,63
V	60,69	± 4,10	37,11 ^a	± 3,23	15,57 ^b	± 1,51	8,01 ^{ab}	± 0,86
B	58,93	± 2,91	35,02 ^{ab}	± 2,03	16,17 ^b	± 1,76	7,74 ^b	± 0,51
D	56,90	± 2,89	32,48 ^b	± 1,81	15,63 ^b	± 1,47	8,80 ^a	± 1,37

^{abc} Hodnoty ve sloupci s různými indexy se významně liší (p < 0,05)

Z hmotností bílku a žloutku bylo vypočteno jejich procentuální zastoupení a vzájemný poměr (ŽL:BL), hodnoty jsou uvedeny v tabulkách 15 a 16.

Tabulka 15 Procentuální zastoupení částí vajec a poměr hmotnosti žloutku a bílku (n = 4)

Vzorek	% BL		% ŽL		% SK		ŽL:BL	
K1	55,55 ^c	± 0,67	31,49 ^{ab}	± 0,41	12,96 ^{bc}	± 0,30	0,57 ^{ab}	± 0,01
K2	54,00 ^c	± 2,80	33,69 ^a	± 2,38	12,31 ^c	± 0,62	0,63 ^a	± 0,08
K3	57,97 ^{ab}	± 2,62	29,19 ^{bc}	± 1,99	12,84 ^{bc}	± 0,67	0,51 ^{ab}	± 0,06
K4	58,69 ^{ab}	± 0,89	27,90 ^{bc}	± 0,68	13,41 ^{ab}	± 1,30	0,48 ^{bc}	± 0,01
V1	60,96 ^{ab}	± 3,70	26,63 ^c	± 3,14	12,40 ^{bc}	± 0,57	0,44 ^c	± 0,08
V2	59,59 ^{ab}	± 1,07	26,70 ^c	± 0,77	13,71 ^{ab}	± 1,06	0,45 ^{bc}	± 0,02
V3	62,53 ^a	± 1,97	24,69 ^c	± 1,29	12,77 ^{bc}	± 0,94	0,40 ^c	± 0,03
V4	61,40 ^{ab}	± 2,69	24,69 ^c	± 2,01	13,91 ^{ab}	± 0,80	0,40 ^c	± 0,05
B1	58,59 ^{ab}	± 1,85	28,57 ^{bc}	± 1,98	12,84 ^{bc}	± 0,35	0,49 ^{bv}	± 0,05
B2	57,53 ^{ab}	± 1,38	29,56 ^{ab}	± 2,00	12,91 ^{bc}	± 0,70	0,51 ^{ab}	± 0,05
B3	60,07 ^{ab}	± 1,59	26,27 ^c	± 1,72	13,67 ^{ab}	± 0,54	0,44 ^c	± 0,04
B4	61,57 ^{ab}	± 1,53	25,30 ^c	± 1,29	13,13 ^{bc}	± 0,73	0,41 ^c	± 0,03
D1	56,88 ^{bc}	± 1,81	28,12 ^{bc}	± 2,76	14,99 ^{ab}	± 1,96	0,50 ^{bc}	± 0,06
D2	57,28 ^{bc}	± 1,42	26,83 ^{bc}	± 1,89	15,89 ^a	± 2,05	0,47 ^{bc}	± 0,04

^{abc} Hodnoty ve sloupci s různými indexy se významně liší (P < 0,05)

Tabulka 16 Procentuální zastoupení částí vajec a poměr hmotnosti žloutku a bílku ve vejcích z různých chovů (n = 16, n(D) = 8)

Typ chovu	% BL		% ŽL		% SK		ŽL:BL	
K	56,55 ^c	± 2,74	30,57 ^a	± 2,73	12,88 ^b	± 0,90	0,54 ^a	± 0,08
V	61,12 ^a	± 2,76	25,68 ^b	± 2,24	13,20 ^b	± 1,07	0,42 ^b	± 0,06
B	59,44 ^{ab}	± 2,21	27,42 ^b	± 2,46	13,14 ^b	± 0,68	0,46 ^b	± 0,06
D	57,08 ^{bc}	± 1,64	27,48 ^b	± 2,45	15,44 ^a	± 2,05	0,48 ^{ab}	± 0,05

^{abc} Hodnoty ve sloupci s různými indexy se významně liší (p < 0,05)

Hmotnost bílku a jeho procentuální obsah byl nejvyšší u vajec z chovu V (37,11±3,23 g a 61,12±2,76 %), čemuž také odpovídá nízký podíl ŽL:BL (tabulka 16). Tato data se shodují

se zjištěními Hidalgo et al. (2008). Vyšší podíl bílku ve vejci má pozitivní vliv na obsah proteinu a stabilitu pěny. Opačný trend byl pozorován u vajec K, která měla nejvyšší podíl žloutku a nejnižší podíl bílku ($30,57 \pm 2,73$ % a $56,55 \pm 2,74$ %) což znamená, že tato vejce jsou vhodnější pro potravinářské technologie využívající emulgačních vlastností žloutku. [6] [117]

Hmotnost a procentuální zastoupení skořápky bylo nejvyšší u vajec D ($8,80 \pm 1,37$ g a $15,44 \pm 2,05$ %). Vyšší hmotnost skořápky může znamenat její vyšší kvalitu, a tedy menší pravděpodobnost ztrát způsobených rozbitím vajec. [6]

Vejce B nevykazovala v žádném z parametrů hmotnosti významně lepší ani horší vlastnosti než vejce z jiných chovů. Oproti vejším K měla vyšší podíl bílku, stejně jako uvedli Hidalgo et al. (2008), Galgano et al. (2016) nebo Zotte et al. (2021). [8] [117] [118]

Odběr vzorků vajec proběhl ve dvou ročních obdobích, z toho důvodu byly výsledky hmotnosti pro jednotlivé chovy zprůměrovány pro každé období zvlášť a uvedeny v tabulkách 17 a 18.

Tabulka 17 Srovnání hmotnosti vajec ve dvou různých ročních obdobích (L) léto, 07/2023 (Z) zima, 02/2024 (n = 8, n(D) = 4)

Typ chovu	Období	Hmotnost [g]			
		Celé vejce (CV)	Bílek (BL)	Žloutek (ŽL)	Skořápka (SK)
K	L	58,96 ± 3,10	32,27 ^b ± 1,66	19,25 ^a ± 2,02	7,44 ^b ± 0,40
	Z	60,60 ± 2,87	35,39 ^{ab} ± 2,56	17,27 ^{ab} ± 0,67	7,95 ^{ab} ± 0,71
V	L	60,53 ± 3,25	36,50 ^a ± 2,72	16,12 ^{bc} ± 1,44	7,91 ^{ab} ± 0,83
	Z	60,86 ± 4,79	37,73 ^a ± 3,55	15,01 ^c ± 1,37	8,12 ^{ab} ± 0,87
B	L	59,91 ± 2,75	34,89 ^{ab} ± 1,94	17,21 ^{ab} ± 1,41	7,82 ^{ab} ± 0,50
	Z	57,80 ± 2,60	35,17 ^{ab} ± 2,10	14,89 ^c ± 0,95	7,74 ^b ± 0,51
D	L	55,57 ± 1,45	31,63 ^b ± 1,74	15,62 ^{bc} ± 1,48	8,32 ^{ab} ± 0,97
	Z	58,24 ± 3,33	33,33 ^{ab} ± 1,44	15,63 ^{bc} ± 1,46	9,28 ^a ± 1,53

^{abc} Hodnoty ve sloupci s různými indexy se významně liší ($p < 0,05$)

Tabulka 18 Srovnání procentuálního zastoupení částí vajec a poměru hmotnosti žloutku a bílku ve dvou různých ročních obdobích
(L) léto, 07/2023 (Z) zima, 02/2024 (n = 8, n(D) = 4)

Typ chovu	Období	% BL	% ŽL	% SK	ŽL:BL
K	L	54,78 ^c ± 2,18	32,59 ^a ± 2,03	12,64 ^c ± 0,58	0,60 ^a ± 0,06
	Z	58,33 ^b ± 1,99	28,55 ^b ± 1,62	13,12 ^{bc} ± 1,08	0,49 ^b ± 0,05
V	L	60,28 ^a ± 2,81	26,67 ^{bc} ± 2,29	13,06 ^{bc} ± 1,07	0,44 ^{bc} ± 0,06
	Z	61,97 ^{ab} ± 2,43	24,69 ^c ± 1,69	13,34 ^{bc} ± 1,04	0,40 ^{bc} ± 0,04
B	L	58,23 ^b ± 1,72	28,72 ^b ± 2,05	13,05 ^{bc} ± 0,55	0,49 ^b ± 0,05
	Z	60,82 ^{ab} ± 1,73	25,78 ^{bc} ± 1,60	13,40 ^{bc} ± 0,70	0,42 ^{bc} ± 0,04
D	L	56,88 ^{bc} ± 1,81	28,12 ^{bc} ± 2,76	14,99 ^{ab} ± 1,96	0,50 ^{bc} ± 0,06
	Z	57,28 ^{bc} ± 1,42	26,83 ^{bc} ± 1,89	15,89 ^a ± 2,05	0,47 ^{bc} ± 0,04

^{abc} Hodnoty ve sloupci s různými indexy se významně liší (p < 0,05)

Co se týče procentuálního zastoupení částí vajec v různých obdobích, významný rozdíl v podílu žloutku a bílku a jejich vzájemném poměru byl zjištěn u vajec z klecového chovu. Obecně měla vejce z klecového chovu v létě vyšší poměr ŽL:BL (tzn. menší podíl bílku a vyšší podíl žloutku). Zotte et al. (2021) také zjistili, že navzdory konstantním a vysoce kontrolovaným podmínkám vykazují vejce z klecového chovu během roku vysokou variabilitu ve fyzikálních vlastnostech, včetně podílu žloutku a bílku. [8]

Statisticky významný rozdíl v hmotnosti mezi letním a zimním obdobím byl zaznamenán pouze u žloutků vajec B. Žloutky vajec z bio chovu měly v zimě nižší hmotnost než v létě, průměrné procentuální zastoupení žloutku se ale mezi jednotlivými obdobími nelišilo, nižší hmotnost žloutku tedy mohla být způsobena pouze mírně nižší průměrnou hmotností vajec.

8.2 Hodnota pH bílku a žloutku

V tabulkách 19 a 20 jsou uvedeny hodnoty pH bílku a žloutku vajec a také průměrné hodnoty pro vejce z jednotlivých chovů.

Tabulka 19 Hodnoty pH bílku a žloutku (n = 4)

Vzorek	pH BL	pH ŽL
K1	9,16 ^a ± 0,01	6,31 ^{ab} ± 0,19
K2	9,13 ^{ab} ± 0,05	6,11 ^c ± 0,10
K3	9,06 ^{bc} ± 0,02	6,27 ^{bc} ± 0,07
K4	9,04 ^c ± 0,07	6,26 ^{bc} ± 0,06
V1	9,10 ^{ab} ± 0,01	6,19 ^{bc} ± 0,13
V2	9,03 ^c ± 0,04	6,42 ^{ab} ± 0,12
V3	9,01 ^{cd} ± 0,02	6,27 ^{bc} ± 0,11
V4	8,93 ^d ± 0,01	6,33 ^{ab} ± 0,04
B1	8,99 ^{cd} ± 0,05	6,20 ^{bc} ± 0,04
B2	9,04 ^c ± 0,05	6,39 ^{ab} ± 0,10
B3	9,07 ^{bc} ± 0,03	6,17 ^c ± 0,05
B4	9,03 ^c ± 0,02	6,15 ^c ± 0,06
D1	9,03 ^c ± 0,02	6,54 ^a ± 0,12
D2	9,06 ^{bc} ± 0,03	6,28 ^{bc} ± 0,08

^{abc} Hodnoty ve sloupci s různými indexy se významně liší (P < 0,05)

Tabulka 20 Průměrné hodnoty pH bílku a žloutku (n = 16, n(D) = 8)

Typ chovu	pH BL	pH ŽL
K	9,06 ± 0,08	6,26 ± 0,11
V	9,03 ± 0,08	6,27 ± 0,14
B	9,06 ± 0,04	6,26 ± 0,19
D	9,04 ± 0,04	6,35 ± 0,12

^{abc} Hodnoty ve sloupci s různými indexy se významně liší (P < 0,05)

Ačkoliv se pH u jednotlivých vzorků lišilo, po zprůměrování hodnot a statistickém vyhodnocení bylo zjištěno, že v pH bílku a žloutku vajec z různých chovů nebyly statisticky významné rozdíly. Zejména pH bílku slouží jako dobrý indikátor čerstvosti vajec, u všech vzorků byla jeho hodnota v normě, pohybovala se kolem 9,0. V případě této práce způsob chovu a okolnosti s ním spojené (přeprava, balení vajec) neměly na čerstvost vajec vliv.

Zotte et. al (2021) rozdíly v pH vajec z klecového a ekologického chovu zaznamenali, konkrétně zjistili, že vejce z ekologického chovu měla nižší pH bílku, byla tedy více čerstvá. Tento rozdíl přisoudili potenciálně vyšší koncentraci amoniaku v prostředí klecového chovu, který může mít za následek zvyšování pH bílku, ale nevyloučili ani vliv ostatních faktorů, jako je věk či strava nosnice. [8]

Hodnoty pH byly opět pro jednotlivé chovy zprůměrovány pro každé období zvlášť, jsou uvedeny v tabulce 21.

Tabulka 21 Srovnání hodnot pH ve dvou různých ročních obdobích (L) léto, 07/2023 (Z) zima, 02/2024 (n = 8, n(D) = 4)

Typ chovu	Období	pH BL	pH ŽL
K	L	9,08 ^a ± 0,09	6,25 ± 0,15
	Z	9,05 ^{ab} ± 0,05	6,27 ± 0,07
V	L	9,09 ^a ± 0,07	6,25 ± 0,17
	Z	8,97 ^b ± 0,04	6,30 ± 0,09
B	L	9,07 ^{ab} ± 0,04	6,36 ± 0,22
	Z	9,05 ^{ab} ± 0,03	6,16 ± 0,06
D	L	9,03 ^{ab} ± 0,04	6,42 ± 0,12
	Z	9,06 ^{ab} ± 0,03	6,28 ± 0,08

^{abc} Hodnoty ve sloupci s různými indexy se významně liší (P < 0,05)

Hodnoty pH žloutku se po zprůměrování pro jednotlivá období významně nelišily. Významný rozdíl byl zjištěn pouze v pH bílku u vajec z volného chovu. V zimě měl bílek vajec V nižší pH než v létě, což může být způsobeno nižšími teplotami ovzduší, a tedy snadnějším dodržováním skladovacích podmínek v celém potravinovém řetězci. U ostatních vzorků se však daný trend neprojevil.

8.3 Karotenoidy a barva žloutku

Ze žloutku byly extrahovány karotenoidy a jejich obsah byl zjištěn metodou HPLC. Obsahy tří nejvýznamnějších karotenoidů, tj. luteinu (LT), zeaxantinu (ZX) a kantaxantinu (KX) jsou uvedeny v tabulce 22 a znázorněny v grafu na obrázku 16. Hodnoty jsou vyjádřeny v $\mu\text{g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ čerstvého žloutku.

Tabulka 22 Obsah karotenoidů ve žloutcích (n = 2)

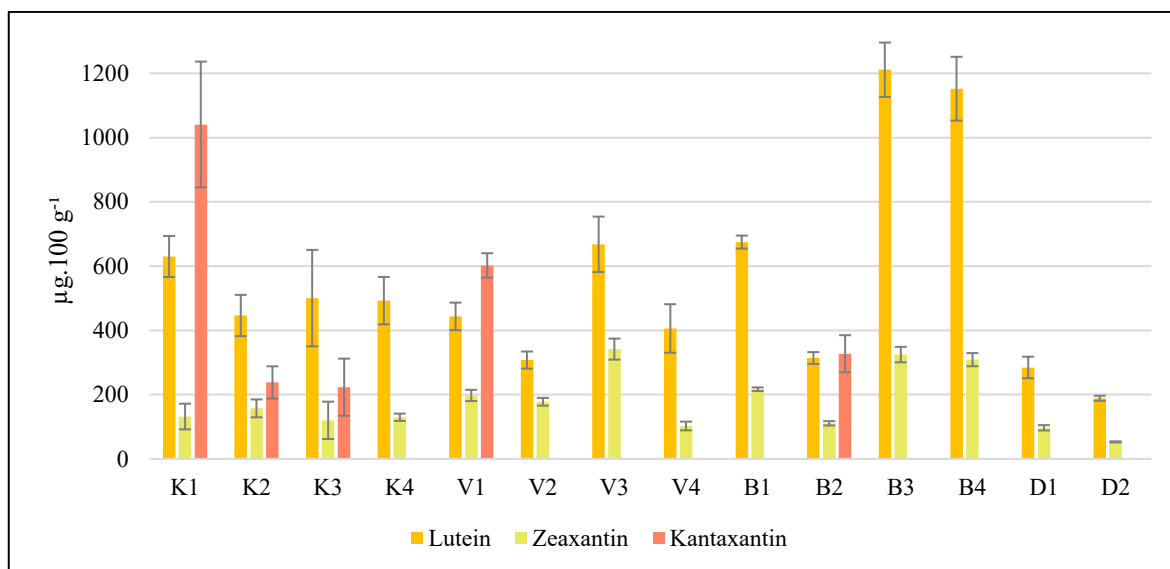
Vzorek	Obsah karotenoidu [$\mu\text{g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ žloutku]					
	LT		ZX		KX	
K1	630,01 ^b	± 63,90	132,00 ^{de}	± 39,97	1040,86 ^a	± 195,81
K2	446,38 ^{cd}	± 64,15	157,33 ^{cd}	± 27,86	238,10 ^c	± 50,16
K3	500,57 ^c	± 150,01	120,12 ^{de}	± 58,09	223,15 ^c	± 88,97
K4	492,65 ^c	± 73,68	129,64 ^{de}	± 11,37		SM
V1	443,55 ^{cd}	± 42,98	197,64 ^{bc}	± 17,52	602,05 ^b	± 38,09
V2	307,65 ^c	± 26,68	177,95 ^{bc}	± 12,02		ND
V3	667,91 ^b	± 86,28	341,73 ^a	± 32,73		ND
V4	405,99 ^{cd}	± 75,61	102,53 ^{ef}	± 13,54		SM
B1	674,81 ^b	± 20,37	216,87 ^b	± 5,65		ND
B2	314,04 ^{de}	± 18,47	110,92 ^{de}	± 6,78	327,31 ^c	± 57,76
B3	1211,25 ^a	± 84,57	324,72 ^a	± 24,08		ND
B4	1152,29 ^a	± 99,34	308,90 ^a	± 20,54		ND
D1	284,59 ^c	± 33,52	96,84 ^{ef}	± 8,29		ND
D2	188,78 ^c	± 7,98	52,93 ^f	± 1,71		ND

^{abc} Hodnoty ve sloupci s různými indexy se významně liší (P < 0,05)

SM Stopové množství (pod limitem kvantifikace), ND Nedetekováno (pod limitem detekce)

LT a ZX byly detekovány ve všech vzorcích, jedná se o barviva získávaná z běžného krmiva jako je například kukuřice. KX se v běžném krmivu nosnic nevyskytuje, jeho syntetická forma je do stravy nosnic přidávána jako aditivum. KX se v detekovatelném množství vyskytoval ve 3 ze 4 vzorků z klecového chovu a ve dvou vzorcích z chovu s volným výběhem, přičemž v jednom z nich pouze ve stopovém množství. [42] [52]

Zajímavé výsledky byly pozorovány u žloutků vzorku B2, které oproti ostatním vzorkům B obsahovaly významně méně LT a ZX a zároveň obsahovaly KX ($327,13 \pm 57,76 \mu\text{g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$). Jak již bylo v kapitole 2.3.1 zmíněno, suplementace krmiva nosnic v ekologickém chovu tímto karotenoidem není povolena a jeho obsah v bio vejcích tedy není očekáván. KX byl detekován u obou extraktů z obou žloutků vajec B2. [38] [39]



Obrázek 16 Obsah karotenoidů v jednotlivých vzorcích

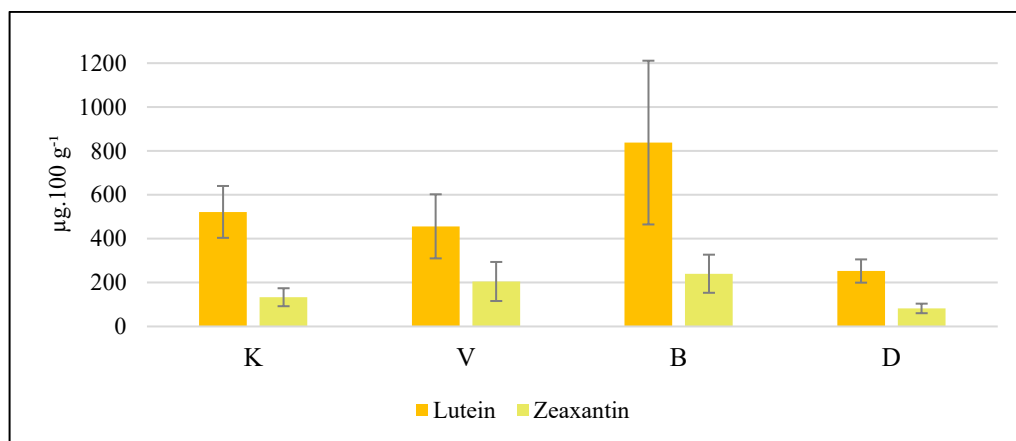
Nejvíce LT ($1211,25 \pm 84,57$ a $1152,29 \pm 99,34 \mu\text{g}.100 \text{ g}^{-1}$) i ZX ($324,72 \pm 24,08$ a $308,90 \pm 20,54 \mu\text{g}.100 \text{ g}^{-1}$) obsahovaly vzorky B3 a B4, významně více ZX oproti ostatním vzorkům obsahoval také vzorek V3 ($341,73 \pm 32,73 \mu\text{g}.100 \text{ g}^{-1}$). Vzorek D2 obsahoval nejmenší množství LT i ZX ($188,78 \pm 7,98$ a $52,93 \pm 1,71 \mu\text{g}.100 \text{ g}^{-1}$), malé množství obou karotenoidů obsahoval také vzorek D1 ($284,59 \pm 33,52$ a $96,84 \pm 8,29 \mu\text{g}.100 \text{ g}^{-1}$)

Pro účely srovnání obsahu karotenoidů ve vejcích z jednotlivých chovů byly zprůměrovány hodnoty získané pouze pro karotenoidy vyskytující se ve všech zkoumaných vzorcích, tj. LT a ZX. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 23 a znázorněny na obrázku 17.

Tabulka 23 Průměrný obsah luteinu a zeaxantinu ve žloutcích z různých chovů ($n = 8$, $n(D) = 4$)

Typ chovu	Obsah karotenoidu [$\mu\text{g}.100 \text{ g}^{-1}$ žloutku]			
	LT		ZX	
K	$522,14^b$	$\pm 118,18$	$133,27^b$	$\pm 41,01$
V	$456,27^{bc}$	$\pm 146,02$	$204,96^a$	$\pm 89,00$
B	$838,10^a$	$\pm 373,18$	$240,35^a$	$\pm 86,89$
D	$252,65^c$	$\pm 53,01$	$82,20^b$	$\pm 21,80$

^{abc} Hodnoty ve sloupci s různými indexy se významně liší ($P < 0,05$)



Obrázek 17 Průměrný obsah luteinu a zeaxantinu ve žloutcích vajec z různých chovů

Při srovnání obsahu karotenoidů ve vejcích z jednotlivých chovů bylo zjištěno, že ačkoliv se u nich projevovала největší variabilita výsledků, vejce B měla obecně nejvyšší obsah LT ($838,10 \pm 373,18 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$). Nejvyšší obsah ZX byl zjištěn ve vejcích V a B ($204,96 \pm 89,00$ a $240,35 \pm 86,89 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$).

Nejméně LT a ZX obsahovala vejce D ($252,65 \pm 53,01$ a $82,20 \pm 21,80 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$). Tento výsledek byl předpokládán, neboť nosnice z příslušného domácího chovu nemají stálý přístup na pastvu a nedostávají krmivo s přidavkem karotenoidů.

Jak zjistili Skřivan a Englmaierová (2014), přístup nosnic na pastvu může zajistit přibližně dvojnásobný obsah LT a ZX ve žloutcích, avšak je také třeba brát v potaz možnost suplementace krmiva těmito barvivy v konvenčních chovech, rozdílné kvality pastvy a čas, který konkrétní nosnice na pastvě stráví. U vzorků B, a to zejména vzorků B3 a B4 se tento předpoklad naplnil, vzorky skutečně obsahovaly až dvojnásobné množství LT a ZX než ostatní vzorky. Ve vejcích nosnic z chovů s volným výběhem (V), kde se také předpokládá přístup k pastvě, obsah LT nebyl výrazně vyšší než v ostatních vejcích, což může být způsobené právě různou kvalitou pastvy. [119] [120]

Výsledky této práce se shodují i se závěry Schlatterera a Breithaupta (2006), kteří zjistili, že bio vejce obsahovala významně více LT i ZX než vejce z jiných typů chovu (LT: $1764,6 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, ZX: $1021,4 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$). Van Ruth et al. (2011, 2013) na základě poměru jednotlivých karotenoidů vyvinuli model pro odlišení bio vajec od konvenčních vajec, přičemž také došli k závěru, že bio vejce obsahují významně více LT a ZX než konvenční vejce. Piturlea et al. (2021) také zaznamenali nejvíce karotenoidů v bio vejcích. [121] [122] [123] [124]

Jak lze názorně vidět na obrázku 16, ze zjištěných trendů vybočuje již zmíněný vzorek B2. Pro analýzu byly použity, stejně jako u ostatních vzorků, dva žloutky vajec ze dvou různých balení a z každého žloutku byly připraveny dva extrakty. U všech extraktů vzorku B2 byl spolu s nízkým obsahem karotenoidů zjištěn nezanedbatelný obsah KX, což je v rozporu s pravidly pro chov nosnic v ekologické produkci. Získané výsledky nasvědčují tomu, že se nejedná o vejce z ekologického chovu, případně že příslušný chov nesplňuje legislativní požadavky. Jednalo se ovšem o malý vzorek, který byl na trhu získán v létě a v zimním odběru vzorků bohužel nebyla vejce od stejného producenta na trhu již k dispozici, nebylo tedy možné závěry potvrdit ani vyvrátit.

Období odběru vzorků může na obsah karotenoidů mít významný vliv, a to hlavně u vajec V a B, jelikož v příslušných chovech mohl být v zimě změněný režim přístupu na pastvu. Srovnání obsahu karotenoidů u vajec z různých chovů ve dvou různých ročních obdobích je uvedeno v tabulce 24 a znázorněno v grafu na obrázku 18.

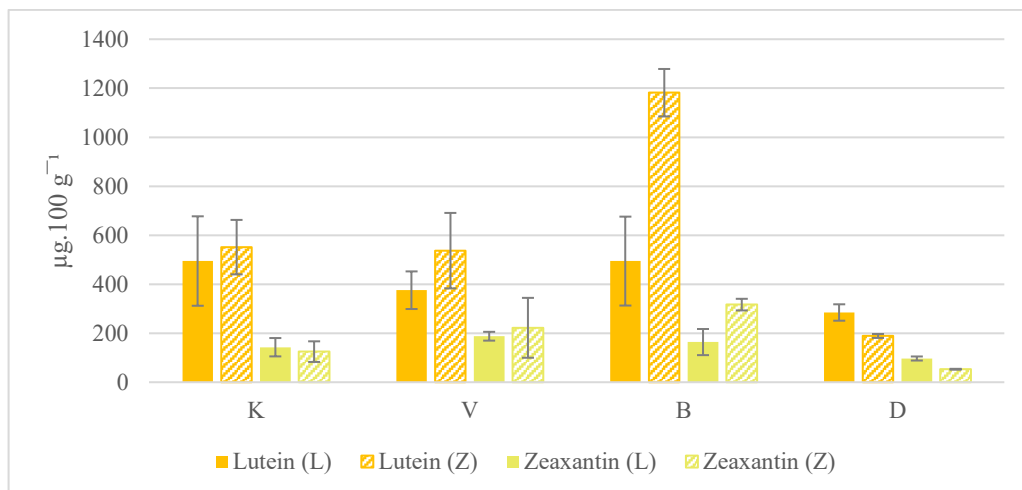
Tabulka 24 Srovnání obsahu karotenoidů ve dvou různých ročních obdobích (L) léto, 07/2023 (Z) zima, 02/2024 (n = 4, n(D) = 2)

Typ chovu	Roční období	Obsah karotenoidu [$\mu\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ žloutku]			
		Lutein		Zeaxantin	
K	L	494,65 ^{bc}	± 182,56	142,86 ^{cd}	± 37,45
	Z	551,31 ^b	± 111,15	124,88 ^{cd}	± 42,13
V	L	375,60 ^{cd}	± 76,79	187,79 ^{bc}	± 17,96
	Z	536,95 ^b	± 154,05	222,13 ^b	± 122,19
B	L	494,42 ^{bc}	± 181,43	163,90 ^{bc}	± 53,34
	Z	1181,77 ^a	± 96,85	316,81 ^a	± 23,74
D	L	284,59 ^d	± 33,52	96,84 ^d	± 8,29
	Z	188,78 ^d	± 7,98	52,93 ^d	± 1,71

^{abc} Hodnoty ve sloupci s různými indexy se významně liší (P < 0,05)

Co se týče obsahu LT, významný rozdíl ve vzorcích z různých období byl zaznamenán u vajec V a B, přičemž v obou případech byl jeho obsah vyšší ve vzorcích ze zimního období. Obsah ZX se mezi letními a zimními vzorky lišil pouze u vajec B, kdy byl opět významně vyšší u vzorků zakoupených v zimě.

Důvodem může být rozdílné složení krmiva, v případě vajec V mohlo být krmivo více suplementováno syntetickými karotenoidy a v případě vajec B mohla být podávána siláž obsahující přírodní karotenoidy, pro tento účel se využívá například siláž z vojtěšky (*Medicago sativa*). Zatímco v létě se příjem karotenoidů z pastvy u jednotlivých nosnic může lišit, protože se liší jejich čas strávený na pastvě, v zimě se díky podávání siláže přírodně bohaté na karotenoidy krmná dávka sjednotí. [125]



Obrázek 18 Srovnání obsahu karotenoidů ve dvou různých ročních obdobích (L) léto, 07/2023 (Z) zima, 02/2024

8.4 Barva žloutku

Na spektrofotometru UltraScan VIS byly měřeny barevné parametry L^* , a^* a b^* . Účelem bylo porovnat barvu žloutků mezi sebou a zjistit, jak barevné parametry souvisí s obsahem karotenoidů.

Barva žloutku souvisí s typem a koncentrací karotenoidů, které se do žloutku dostávají ze stravy nosnic. Někteří spotřebitelé si jasně zlatavě až oranžově zbarvené žloutky spojují s vyšší kvalitou vajec a také „spokojenějšími“ slepicemi. V konvenčních chovech je běžnou praxí přidávat do krmiva syntetické karotenoidy pro dosažení lákavé barvy, pokud chovatelé chtějí dosáhnout tmavších, oranžových odstínů, suplementují například červené barvivo kantaxantin. [120]

Suplementace různých karotenoidů v různých dávkách má následně vliv na změny parametrů barvy žloutku. Zvýšený obsah luteinu a zeaxantinu bez doplnění červenými karotenoidy nezpůsobí intenzivnější barvu žloutku. Červené karotenoidy v krmivu nosnice způsobí zvýšení hodnot a^* a zároveň snížení hodnot L^* a b^* , což se projeví žloutkem syté zlaté až oranžové barvy. [119] [120]

V tabulkách 25 a 26 jsou uvedeny naměřené parametry barvy pro jednotlivé vzorky a průměrné hodnoty pro vejce ze 4 různých chovů, v tabulce 27 je uvedeno srovnání barevných parametrů s celkovým obsahem LT a ZX a obsahem KX ve žloutku.

Tabulka 25 Barevné parametry žloutků (n = 2)

Vzorek	Barevný parametr					
	L^*		a^*		b^*	
K1	28,09 ^d	± 0,01	26,09 ^d	± 0,04	48,27 ^d	± 0,02
K2	28,18 ^{cd}	± 0,07	25,38 ^{de}	± 0,02	48,30 ^d	± 0,02
K3	26,71 ^e	± 0,23	29,63 ^{ab}	± 0,27	46,29 ^e	± 0,07
K4	28,77 ^{bc}	± 0,41	29,55 ^{bc}	± 0,03	49,48 ^b	± 0,69
V1	26,04 ^f	± 0,03	30,59 ^{ab}	± 0,02	44,70 ^f	± 0,09
V2	25,17 ^f	± 0,04	29,19 ^c	± 0,01	43,21 ^g	± 0,02
V3	24,87 ^f	± 0,11	30,64 ^a	± 0,25	42,80 ^h	± 0,19
V4	25,46 ^f	± 0,15	29,70 ^{ab}	± 0,91	43,80 ^{fg}	± 0,28
B1	28,84 ^b	± 0,07	23,19 ^f	± 0,04	49,32 ^{bc}	± 0,01
B2	30,13 ^a	± 0,03	28,50 ^c	± 0,04	51,60 ^a	± 0,06
B3	28,70 ^{bc}	± 0,04	25,48 ^{de}	± 0,08	49,26 ^{bc}	± 0,08
B4	28,25 ^{bc}	± 0,20	25,60 ^{de}	± 0,02	48,49 ^{cd}	± 0,33
D1	30,58 ^a	± 0,04	23,05 ^f	± 0,05	52,28 ^a	± 0,08
D2	30,49 ^a	± 0,08	24,92 ^e	± 0,02	52,29 ^a	± 0,13

^{abc} Hodnoty ve sloupci s různými indexy se významně liší (P < 0,05)

Tabulka 26 Průměrné barevné parametry žloutků z různých chovů (n = 8, n(D) = 4)

Typ chovu	Barevný parametr					
	L^*		a^*		b^*	
K	27,95 ^b	± 0,79	27,66 ^{ab}	± 1,95	48,08 ^b	± 1,20
V	25,40 ^c	± 0,46	30,03 ^a	± 0,77	43,63 ^c	± 0,74
B	28,98 ^{ab}	± 0,71	25,69 ^b	± 1,88	49,67 ^{ab}	± 1,18
D	30,54 ^a	± 0,08	23,99 ^b	± 0,94	52,29 ^a	± 0,11

^{abc} Hodnoty ve sloupci s různými indexy se významně liší (P < 0,05)

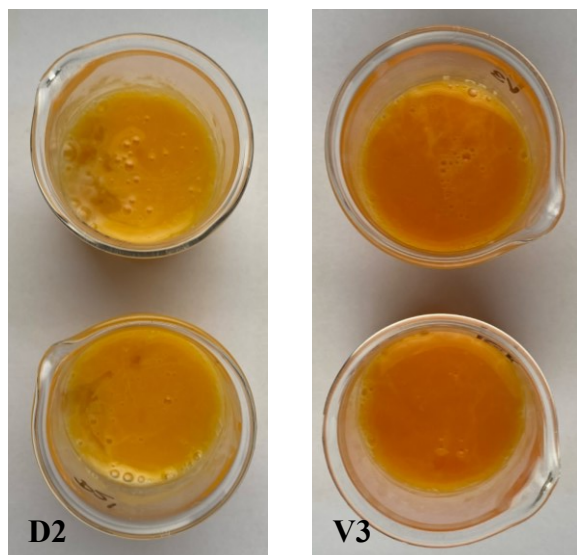
Bylo zjištěno, že nejvyšší světelnost (L^*) a nejvyšší hodnoty b^* měly vzorky žloutků B2, D1 a D2 (viz obr. 19). Důvodem je pravděpodobně nízký obsah LT a ZX v daných vzorcích (tab. 27). Navíc vzorek B2 se od vzorků B1, B3 a B4 odlišoval vyšší hodnotou a^* , což mohlo být způsobeno obsahem kantaxantinu.

Naopak nejnižší světelnost (L^*), nejnižší hodnoty b^* a nejvyšší hodnoty a^* byly pozorovány u všech vzorků z chovu V (viz obr. 19). Englmaierová a Skřivan (2014) zjistili, že při podávání stejného krmiva mají žloutky vajec od nosnic s přístupem na pastvu nižší hodnoty L^* a vyšší hodnoty a^* než žloutky nosnic chovaných v klecích a bez pastvy. Hodnoty a^* byly vysoké u všech vzorků V, ačkoliv KX se vyskytoval v detekovatelném množství pouze ve vzorku V1. Příčinou může být výskyt dalších červených karotenoidů, které v této práci nebyly analyzovány. [119]

Tabulka 27 Srovnání barevných parametrů s celkovým obsahem LT a ZX a obsahem KX ve žloutku

Vzorek	$\mu\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$		Barevný parametr		
	LT + ZX	KX	L^*	a^*	b^*
K1	762,01	1040,86	28,09	26,09	48,27
K2	603,71	238,10	28,18	25,38	48,30
K3	620,69	223,15	26,71	29,63	46,29
K4	622,29	SM	28,77	29,55	49,48
V1	641,18	602,05	26,04	30,59	44,70
V2	485,60	ND	25,17	29,19	43,21
V3	1009,64	ND	24,87	30,64	42,80
V4	508,52	SM	25,46	29,70	43,80
B1	891,68	ND	28,84	23,19	49,32
B2	424,96	327,31	30,13	28,50	51,60
B3	1535,98	ND	28,70	25,48	49,26
B4	1461,19	ND	28,25	25,60	48,49
D1	381,43	ND	30,58	23,05	52,28
D2	241,71	ND	30,49	24,92	52,29

Vliv výživy, způsobu chovu a obsahu karotenoidů ve žloutku na jeho barvu je velmi komplexní. Výsledná barva žloutku souvisí i s obsahem a kvalitou tuku, který nosnice přijímají nebo zdravotním stavem konkrétní nosnice. [53] [60]



Obrázek 19 Příklad vizuálního rozdílu v barvě žloutku

D2: vzorek s vysokým L^* , b^* a nízkým a^*

V3: vzorek s nízkým L^* , b^* a vysokým a^*

V tabulce 28 je uvedeno srovnání barevných parametrů žloutků ze dvou různých období.

Tabulka 28 Barevné parametry žloutků ve dvou různých ročních obdobích (L) léto, 07/2023 (Z) zima, 02/2024 (n = 4, n(D) = 2)

Typ chovu	Období	Barevný parametr					
		L^*		a^*		b^*	
K	L	28,16 ^c	± 0,06	25,73 ^b	± 0,35	48,28 ^c	± 0,03
	Z	27,74 ^c	± 1,08	29,59 ^a	± 0,20	47,88 ^c	± 1,67
V	L	25,63 ^d	± 0,47	29,89 ^a	± 0,70	43,95 ^d	± 0,75
	Z	25,16 ^d	± 0,32	30,17 ^a	± 0,82	43,30 ^d	± 0,55
B	L	29,49 ^{ab}	± 0,65	25,84 ^b	± 2,65	50,46 ^{ab}	± 1,14
	Z	28,47 ^{bc}	± 0,27	25,54 ^b	± 0,08	48,88 ^{bc}	± 0,45
D	L	30,58 ^a	± 0,04	23,05 ^b	± 0,05	52,28 ^a	± 0,08
	Z	30,49 ^a	± 0,08	24,92 ^b	± 0,02	52,29 ^a	± 0,13

^{abc} Hodnoty ve sloupci s různými indexy se významně liší (P < 0,05)

Barva žloutku se u různých chovů mezi ročními obdobími významně nelišila. Rozdíl byl zaznamenán pouze v parametru a^* u vajec K, kdy v zimním období byl parametr a^* vyšší než v letním období. Příčinou může být také výskyt dalších syntetických červených karotenoidů, které v této práci nebyly analyzovány.

8.5 Prvková analýza

8.5.1 Selen

Obsah selenu je uveden v $\mu\text{g}/100$ g čerstvého jedlého podílu vejce v tabulce 29 spolu s hodnotou % RHP, která vyjadřuje průměrný procentuální podíl jednoho vejce na RHP selenu pro dospělého člověka (55 μg). [10]

Tabulka 29 Obsah Se ve vejcích (n = 2)

Vzorek	Se [$\mu\text{g}/100$ g]	% RHP
K1	17,0 ^{ef} ± 2,5	14,2
K2	24,6 ^{bc} ± 2,0	20,5
K3	16,1 ^f ± 2,0	13,4
K4	17,5 ^{ef} ± 1,6	14,6
V1	28,5 ^b ± 2,3	23,8
V2	24,3 ^{cd} ± 3,5	20,2
V3	14,8 ^f ± 4,2	12,3
V4	27,3 ^{bc} ± 4,7	22,8
B1	38,6 ^a ± 5,7	32,2
B2	26,1 ^{bc} ± 1,1	21,7
B3	20,7 ^{de} ± 0,9	17,3
B4	21,0 ^{de} ± 2,3	17,5
D1	25,0 ^{bc} ± 3,5	20,9
D2	9,4 ^g ± 0,6	7,8

^{abc} Hodnoty ve sloupci s různými indexy se významně liší (P < 0,05)

Vzorek B1 obsahoval nejvíce Se a nejméně Se obsahoval vzorek D2. Bylo zjištěno, že jedno vejce (50 g jedlého podílu) představuje přibližně 18,6 % RHP selenu pro dospělého člověka a je tedy významným zdrojem selenu. Podle pravidel stanovených v nařízení (EU) č. 1169/2011 se za významné množství selenu v potravine dává považovat 8,25 $\mu\text{g}/100$ g. Taková potravina se dle nařízení (ES) č. 1924/2006 o výživových a zdravotních tvrzeních může označit slovy „zdroj selenu“ a pokud obsahuje dvojnásobek dané hodnoty (tj. 16,5 $\mu\text{g}/100$ g), slovy „s vysokým obsahem.“ Většina vzorků vajec by tedy mohla nést označení „s vysokým obsahem selenu,“ přesto výrobci ani jednou takové označení nepoužili. Důvodem může být variabilita obsahu selenu v průběhu roku a náklady spojené s jeho pravidelným testováním. [10]

V tabulce 30 jsou uvedeny průměrné hodnoty obsahu Se pro každý chov zvlášť.

Tabulka 30 Průměrný obsah Se ve vejcích z různých chovů, včetně rozsahu hodnot ($n = 8$, $n(D) = 4$)

Vzorek	Se [$\mu\text{g}/100 \text{ g}$]
K	18,5 ^b \pm 3,8 (12,7–27,9)
V	23,3 ^a \pm 6,8 (9,8–33,5)
B	26,6 ^a \pm 7,9 (17,7–46,7)
D	17,2 ^b \pm 8,2 (8,5–31,2)

^{abc} Hodnoty ve sloupci s různými indexy se významně liší ($P < 0,05$)

Nejvíce Se obsahovala vejce V a B, tedy vejce nosnic s přístupem na pastvu.

Giannenas et al. (2009) při porovnávání klecových a bio vajec zjistili, že ačkoliv nosnice dostávaly stejné krmivo, měla bio vejce vyšší obsah selenu. Je důležité zmínit, že suplementace selenem je povolena jak v konvenčním, tak ekologickém chovu. Borges et al. (2015) také zaznamenali vyšší obsah Se v bio vejcích, Kirse-Ozolina (2019) porovnávala vejce z volného a klecového chovu a také zjistila vyšší obsah Se ve vejcích nosnic s výběhem. [91] [95] [126]

Giannenas et al. (2009) i De Freitas et al. (2012) se shodují, že domácí vejce, tj. vejce nosnic které nedostávají krmivo doplněné o selen, obsahují selenu méně než vejce z komerčních chovů. [91] [94]

Obecně se tedy dá říci, že přístup nosnic na pastvu může mít pozitivní vliv na obsah selenu ve vejcích. Množství literatury a výzkumů na toto téma je ale zatím malé na to, aby se daly vyloučit různé vedlejší efekty na obsah prvků ve vejcích, jako je stáří nosnic, genetické faktory nebo individuální zdravotní stav nosnic.

Z tabulky 31 je také patrné, že se obsah Se ve dvou různých obdobích významně lišil u všech zkoumaných vzorků. Obsah selenu byl nižší v zimním období.

Tabulka 31 Srovnání obsahu Se ve dvou různých obdobích
(L) léto, 07/2023 (Z) zima, 02/2024 (n = 4, n(D) = 2)

Vzorek		Se [$\mu\text{g}/100 \text{ g}$]	
K	L	21,0 ^c	$\pm 4,4$
	Z	16,8 ^d	$\pm 1,9$
V	L	26,3 ^b	$\pm 3,7$
	Z	21,0 ^c	$\pm 7,7$
B	L	32,3 ^a	$\pm 7,5$
	Z	20,9 ^c	$\pm 1,8$
D	L	25,0 ^{bc}	$\pm 3,5$
	Z	9,4 ^e	$\pm 0,6$

^{abc} Hodnoty ve sloupci s různými indexy se významně liší ($P < 0,05$)

Vliv ročního období na obsah prvků ve vejcích obecně je v literatuře málo prozkoumaný. Jedním z důvodů pro nižší obsah Se ve vejcích v zimním období může být menší podíl žloutku (tab. 18), který obsahuje až pětikrát více selenu než bílek. Vliv může mít také zvýšený stres nosnic v zimním období způsobený změnami teplot. [91]

8.5.2 Těžké kovy

Pro obsah olova momentálně není stanovena přesná hranice, při které způsobuje zdravotní obtíže, je stanovena pouze hodnota BMDL₀₁ (Benchmark Dose Lower Confidence Limit – spodní limit dávky odpovídající zvýšení zdravotního rizika o 1 %). Pro dospělé je BMDL₀₁ 1,50 µg/kg tělesné váhy/den (riziko poruch kardiovaskulárního systému a nefrotoxicita). [127]

Pro kadmium je stanovena hodnota TWI (Tolerable Weekly Intake – přípustný příjem za týden) na 2,5 µg/kg tělesné váhy pro všechny populační skupiny. [128]

BMDL₀₁ pro arsen je mezi 0,3 a 8 µg/kg tělesné váhy/den (riziko rakoviny plic, kůže a močového měchýře). [129]

Pokud budeme uvažovat průměrnou hmotnost člověka 70 kg získáme limitní hodnoty uvedené v tabulce 32.

Tabulka 32 Limitní hodnoty pro příjem vybraných těžkých kovů z potravin

Prvek	Hodnota	Limit
As	BMDL ₀₁	21 µg/den
Cd	TWI	175 µg/týden
Pb	BMDL ₀₁	105 µg/den

Nariadení (EU) 2023/915, které určuje maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách, limity kontaminantů přímo pro vejce neurčuje. Jsou zde stanoveny maximální hodnoty pro Cd a Pb v drůbežím mase – 0,05 mg/kg a 0,1 mg/kg. [130]

Pokud budeme uvažovat hmotnost jedlého podílu jednoho vejce 50 g a průměrnou spotřebu jednoho vejce za den, všechny vzorky splňují všechny výše uvedené limity. Podle Drabik et al. (2024) jsou vejce co se týče chemické kontaminace celkově jednou z nejbezpečnějších živočišných potravin. Při vyhodnocování rizika plynoucího z kontaminace potravin těžkými kovy je ale samozřejmě nutné brát v potaz všeobecné stravovací návyky jedince. [131]

Obsah vybraných těžkých kovů v jednotlivých vzorcích je uveden v tabulce 33.

Tabulka 33 Obsah As, Cd a Pb v jednotlivých vzorcích vajec (n = 2)

Vzorek	As [$\mu\text{g}/\text{kg}$]	Cd [$\mu\text{g}/\text{kg}$]	Pb [$\mu\text{g}/\text{kg}$]
K1	17,859 ^a \pm 3,942	0,032 ^{de} \pm 0,036	2,175 ^{ab} \pm 0,564
K2	9,889 ^b \pm 3,516	0,078 ^{cd} \pm 0,037	2,751 ^a \pm 0,819
K3	1,968 ^f \pm 0,391	0,064 ^{cd} \pm 0,041	0,983 ^{ef} \pm 0,291
K4	1,223 ^g \pm 0,235	0,197 ^{ab} \pm 0,051	1,138 ^{ef} \pm 0,418
V1	2,675 ^e \pm 0,280	0,012 ^e \pm 0,030	1,630 ^{cd} \pm 0,623
V2	3,180 ^c \pm 0,338	0,009 ^e \pm 0,017	1,243 ^{de} \pm 0,341
V3	0,633 ^{hi} \pm 0,211	0,042 ^{de} \pm 0,045	0,312 ^f \pm 0,053
V4	0,603 ^{de} \pm 0,175	0,017 ^e \pm 0,015	0,312 ^f \pm 0,058
B1	2,852 ^{de} \pm 0,323	0,216 ^a \pm 0,048	1,681 ^{cd} \pm 0,404
B2	2,818 ^{de} \pm 0,226	0,013 ^e \pm 0,025	2,144 ^{bc} \pm 0,813
B3	0,718 ^{hi} \pm 0,172	0,172 ^b \pm 0,042	0,632 ^{fg} \pm 0,057
B4	0,858 ^h \pm 0,206	0,100 ^c \pm 0,040	0,417 ^f \pm 0,114
D1	3,117 ^{cd} \pm 0,510	0,084 ^{cd} \pm 0,029	2,222 ^{ab} \pm 0,629
D2	0,529 ^{hi} \pm 0,109	0,005 ^e \pm 0,008	0,405 ^f \pm 0,069

^{abc} Hodnoty ve sloupci s různými indexy se významně liší (P < 0,05)

V tabulce 34 jsou uvedeny průměrné hodnoty obsahu kontaminantů v různých chovech.

Tabulka 34 Průměrný obsah As, Cd a Pb ve vejcích z různých chovů, včetně rozsahu hodnot (n = 8, n(D) = 4)

Typ chovu	As [$\mu\text{g}/\text{kg}$]	Cd [$\mu\text{g}/\text{kg}$]	Pb [$\mu\text{g}/\text{kg}$]
K	6,288 ^a \pm 6,427 (0,775 – 23,505)	0,104 ^a \pm 0,080 (ND – 0,312)	1,640 ^a \pm 0,896 (0,560 – 4,111)
V	1,773 ^b \pm 1,197 (0,307 – 3,682)	0,020 ^b \pm 0,032 (ND – 0,124)	0,841 ^b \pm 0,676 (0,213 – 2,491)
B	1,811 ^b \pm 1,052 (0,493 – 3,475)	0,124 ^a \pm 0,086 (ND – 0,330)	1,218 ^a \pm 0,851 (0,249 – 3,646)
D	1,823 ^b \pm 1,345 (0,318 – 3,829)	0,040 ^b \pm 0,044 (ND – 0,134)	1,314 ^a \pm 1,012 (0,299 – 3,319)

^{abc} Hodnoty ve sloupci s různými indexy se významně liší (P < 0,05)

Zejména obsah As byl v jednotlivých vzorcích velmi variabilní, jak je možné pozorovat z vysokých odchylek. Z tohoto důvodu jsou v tabulce 34 uvedeny i rozsahy obsahu těžkých kovů (minimum a maximum zjištěné ve vzorcích). Nejvyšší variabilitu vykazovala vejce K, protože ve vzorcích K1 a K2 byly zjištěny velmi vysoké hodnoty As oproti všem ostatním vzorkům. Vejce K a B obsahovala průměrně nejvíce Cd (0,104 \pm 0,080 $\mu\text{g}/\text{kg}$ a 0,124 \pm 0,086 $\mu\text{g}/\text{kg}$). Nejméně Pb a Cd obsahovala vejce V (0,841 \pm 0,676 $\mu\text{g}/\text{kg}$ a 0,020 \pm 0,032 $\mu\text{g}/\text{kg}$).

Obsah Pb ve všech vzorcích byl oproti hodnotám uváděným různými autory menší. Esposito et al. (2016) v italských vejcích z volného chovu zjistili průměrně 19 µg/kg Pb, Drabik et. al (2021) naměřili v klecových vejcích průměrně 57,4 µg/kg a ve vejcích z volného chovu 18,2 µg/kg Pb. [131] [132]

Zatímco na kontaminaci klecových vajec těžkými kovy má vliv zejména kvalita krmiva a místo chovu nehraje roli, kontaminace vajec od nosnic s přístupem na pastvu je místně specifická. Kontaminace arsenem a kadmiiem je spojována s výskytem pesticidů v krmivu a půdě, kam se dostávají z hnojiv či kontaminované vody. Vysoká míra kontaminace olovem se vyskytuje u vajec nosnic chovaných blízko bývalých či stávajících průmyslových oblastí. Nelze tedy plošně říci, který z chovů zkoumaných v aktuální práci je z hlediska obsahu těžkých kovů vhodnější. [131] [133]

V tabulce 35 je uvedeno srovnání obsahu kontaminantů ve vejcích ve dvou různých obdobích.

Tabulka 35 Srovnání obsahu As, Cd a Pb ve dvou různých obdobích
(L) léto, 07/2023 (Z) zima, 02/2024 (n = 4, n(D) = 2)

Vzorek		As [µg/kg]	Cd [µg/kg]	Pb [µg/kg]
K	L	12,546 ^a ± 2,356	0,053 ^{bc} ± 0,043	2,474 ^a ± 0,764
	Z	1,595 ^{bc} ± 0,043	0,137 ^a ± 0,081	1,061 ^d ± 0,368
V	L	2,928 ^b ± 0,027	0,010 ^c ± 0,024	1,437 ^c ± 0,546
	Z	0,618 ^c ± 0,015	0,029 ^{bc} ± 0,036	0,312 ^e ± 0,056
B	L	2,835 ^b ± 0,010	0,111 ^a ± 0,109	1,912 ^b ± 0,683
	Z	0,788 ^c ± 0,008	0,136 ^a ± 0,055	0,524 ^c ± 0,140
D	L	3,117 ^b ± 0,042	0,084 ^{ab} ± 0,029	2,222 ^{ab} ± 0,629
	Z	0,529 ^c ± 0,007	0,005 ^c ± 0,008	0,405 ^e ± 0,069

^{abc} Hodnoty ve sloupcích s různými indexy se významně liší (P < 0,05)

Obsah kontaminujících těžkých kovů ve vejcích byl ve většině případů nižší v zimním období. Vedle již zmíněného nižšího podílu žloutku, ve kterém se těžké kovy koncentrují, mohl mít vliv i změněný způsob výživy. Pokud se nosnice pasou venku či dostávají čerstvé byliny (tj. v případě této práce vejce V, B a D), přichází více do kontaktu s potenciálně kontaminovanou zemínou a rostlinami, v létě tedy vejce mohou být těžkými kovy více kontaminována. [6]

Stejný trend byl ale pozorován i u klecových vajec v případě As a Pb, přestože nosnice z těchto chovů nemají přístup k venkovní pastvě. Zde není důvod příliš jasný, protože bližší podmínky krmení nejsou známy.

8.6 Mikrobiologická analýza

U vajec z různých chovů byla zkoumána míra mikrobiologické kontaminace skořápky. Byl zjištěn celkový počet mikroorganismů a přítomnost či nepřítomnost bakterií rodu *Salmonella*.

8.6.1 Aerobní mezofilní mikroorganismy

Výsledky stanovení celkového počtu mikroorganismů kultivovaných při 30 °C jsou uvedeny v tabulkách 36 a 37.

Tabulka 36 Počty aerobních mezofilních MO (n = 2)

Vzorek	Aerobní mezofilní MO	
	KTJ/ml	log (KTJ/ml)
K1	$1,25 \times 10^5$	5,10
K2	$2,20 \times 10^4$	4,34
K3	$1,03 \times 10^5$	5,01
K4	$2,60 \times 10^4$	4,41
V1	$1,61 \times 10^6$	6,21
V2	$5,90 \times 10^4$	4,77
V3	$3,90 \times 10^4$	4,59
V4	$3,11 \times 10^6$	6,49
B1	$2,61 \times 10^6$	6,42
B2	$1,21 \times 10^6$	6,08
B3	$7,30 \times 10^5$	5,86
B4	$1,16 \times 10^5$	5,06
D1	$6,80 \times 10^5$	5,86
D2	$1,30 \times 10^4$	4,11

Tabulka 37 Počty aerobních mezofilních MO v různých chovech (n = 8, n(D) = 4)

Typ chovu	Aerobní mezofilní MO		
	log (KTJ/ml)		
K	4,72 ^b	±	0,34
V	5,52 ^{ab}	±	0,84
B	5,86 ^a	±	0,50
D	4,97 ^{ab}	±	0,86

^{abc} Hodnoty ve sloupci s různými indexy se významně liší (P < 0,05)

Bylo zjištěno, že míra kontaminace skořápky byla u vajec B významně vyšší než u vajec K. Zatímco klecový chov je obecně považován za nejvhodnější z hlediska hygieny skořápky vajec, v alternativních a ekologických chovech dochází ke zvýšené míře styku vajec

s podestýlkou, což může být jedním z důvodů významně vyšší kontaminace skořápky. Mikrobiální kontaminace skořápky může ale souviset i s následnými operacemi v produkci vajec, jako je například třídění, balení a skladování. [104] [105]

Englmaierová et al. (2014), Vlčková et al. (2018) i Sharma et al. (2022) zjistili vyšší míru mikrobiální kontaminace u vajec nosnic s volným výběhem oproti vejším nosnic v klecích. V této diplomové práci byl zjištěn statisticky významný rozdíl pouze mezi vejci B a K, roli zřejmě vedle způsobu chovu hrály i výše zmíněné vlivy (třídění, balení). [105] [106] [107]

Porovnání mikrobiální kontaminace skořápky mezi dvěma obdobími odběru vzorků je uvedeno v tabulce 38.

Tabulka 38 Počty aerobních mezofilních MO ve dvou různých obdobích;
(L) léto, 07/2023 (Z) zima, 02/2024

Typ chovu	Období	Aerobní mezofilní MO	
		KTJ/ml	log (KTJ/ml)
K	L	$7,35 \times 10^4$	$4,72^b \pm 0,38$
	Z	$6,45 \times 10^4$	$4,71^{bc} \pm 0,30$
V	L	$8,35 \times 10^5$	$5,49^{ab} \pm 0,72$
	Z	$1,57 \times 10^6$	$5,54^{ab} \pm 0,95$
B	L	$1,91 \times 10^6$	$6,25^a \pm 0,17$
	Z	$4,23 \times 10^5$	$5,46^{ab} \pm 0,40$
D	L	$6,80 \times 10^5$	$5,83^{ab} \pm 0,03$
	Z	$1,30 \times 10^4$	$4,11^c \pm 0,07$

^{abc} Hodnoty ve sloupci log (KTJ/ml) s různými indexy se významně liší ($P < 0,05$)

Englmaierová et al. (2014) zaznamenali snížení počtu bakterií na povrchu vejce v zimním období z důvodu nižších teplot. Stejně výsledky byly v této práci pozorovány pouze u vajec D, kdy počet KTJ na skořápce byl významně nižší v zimním období. U ostatních vajec tento trend pozorován nebyl.

8.6.2 Bakterie rodu *Salmonella*

Bakterie rodu *Salmonella* nebyly detekovány v žádném ze vzorků ani v jednom období. Z hlediska přítomnosti tohoto patogenu se tedy dají vejce ze všech zkoumaných chovů prohlásit za bezpečná.

Solís et al. (2023) provedli studii na 240 vejcích z klecových chovů a 186 vejcích z alternativních chovů, přičemž bakteriemi rodu *Salmonella* byly kontaminovány pouze 2 vejce z alternativního chovu, způsob chovu tedy neměl na kontaminaci salmonelami vliv. [134]

ZÁVĚR

Vejce z různých chovů významně nelišila v hmotnosti celého vejce, významné rozdíly byly ale pozorovány v poměru bílku a žloutku. Nejvyšší podíl žloutku měla vejce z klecového chovu. Vejce z bio chovu a chovu s volným výběhem měla nejnižší poměr žloutku.

Hodnota pH byla u všech vzorků v normě, což naznačuje jejich čerstvost. Mezi vejci z různých chovů nebyl v hodnotě pH zaznamenán významný rozdíl. Vejce ze všech chovů tedy byla stejně čerstvá a u žádného z nich pravděpodobně nevznikly problémy při přepravě nebo skladování.

Vejce z bio chovu obsahovala nejvíce luteinu a zeaxantinu. Významně se odlišovaly žloutky vzorku B2, které obsahovaly velmi malé množství karotenoidů a v rozporu s nařízením (EU) 2021/1165 se v nich vyskytoval kantaxantin. Nejméně luteinu a zeaxantinu obsahovala vejce z domácího chovu, protože nosnice zde nedostávaly krmivo s přidavkem syntetických karotenoidů ani neměly stálý přístup na pastvu.

Obsah karotenoidů se do jisté míry promítl i do barvy žloutku. Významně se projevil zejména nízký obsah luteinu a zeaxantinu ve vzorcích z domácího chovu, které měly nejvyšší parametry L^* a b^* . Tyto žloutky měly světle žlutou barvu bez oranžového odstínu. Vejce z chovu s volným výběhem měla nejnižší parametry L^* a b^* a vysoký parametr a^* , což naznačuje přítomnost jiných červených karotenoidů, než které byly analyzovány v této práci.

Nejvíce selenu obsahovala vejce z chovu s volným výběhem a z bio chovu. Přístup na pastvu tak může být pro obsah selenu ve vejcích přínosný. Obsah selenu ale podléhá sezónním vlivům a v zimním období došlo ke snížení jeho obsahu ve všech vejcích.

Všechny vzorky obsahovaly velmi malá množství těžkých kovů a z hlediska limitů stanovených pro obsah arsenu, kadmia a olova nepředstavovaly významné riziko. Vejce z klecového chovu obsahovala průměrně více arsenu než vejce z ostatních chovů. Bio vejce oproti vejcím z ostatních chovů neobsahovala významně méně těžkých kovů, výjimkou byl pouze vyšší obsah arsenu u klecových vajec. Důvodem mohla být zvýšená kontaminace pastvy v konkrétních místech bio chovu.

Skořápky vajec z klecového chovu byly méně kontaminovány mikroorganismy než skořápky vajec z bio chovu. Chov s volným výběhem ani domácí chov se ale v míře kontaminace od klecového chovu nelišily. Na kontaminaci tedy pravděpodobně mají větší

vliv následné operace jako je třídění, přeprava a skladování vajec, než způsob chovu. Bakterie rodu *Salmonella* nebyly v žádném ze vzorků detekovány.

Ukázalo se, že mezi vzorky vajec byly významné rozdíly, zejména v podílu žloutku, obsahu karotenoidů a selenu. Ačkoliv bio vejce obsahovala průměrně více karotenoidů a selenu, výsledky nebyly u všech vzorků konzistentní a v ostatních parametrech nijak nevynikala. Proto by spotřebitelé neměli od bio vajec automaticky očekávat vyšší kvalitu a bezpečnost, ale zvážit zejména další výhody ekologického zemědělství – udržitelnost nebo dobré životní podmínky zvířat.

Vejce z domácího chovu vykazovala téměř ve všech parametrech horší výsledky, což mohlo být způsobeno nedostatky ve výživě. Domácí chovatelé by měli klást důraz na správnou a adekvátní výživu nosnic a konzumenti by si měli být vědomi možné kolísavosti kvality těchto vajec. Výrobci produktů z vajec by pak měli zvážit případné technologické a ekonomické dopady vyplývající z rozdílného podílu žloutku a bílku ve vejcích z různých chovů.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BORGHINO, N.; WISSINGER, L.; ERB, K.; LE MOU, C. a NESME, T. Organic farming expansion and food security: A review of foresight modeling studies. *Global Food Security*. 2024, č. 41.
- [2] EVROPSKÁ KOMISE, . *Ekologické zemědělství – stručný přehled*. online. In: Agriculture and rural development. Dostupné z: https://agriculture.ec.europa.eu/farming/organic-farming/organics-glance_cs. [cit. 2023-12-04].
- [3] SCHMUTZLER, H.; GERNERT, M.; ZINTL, M.; AGBOLOSOU-MENSAH, O.; SAUQUES, L. et al. Organic in Europe: Recent Developments. In: WILLER, Helga; TRÁVNÍČEK, Jan a SCHLATTER, Bernhard (ed.). *The World of Organic Agriculture*. IFOAM – Organics International, 2024, s. 173-185.
- [4] ČESKO. Vyhláška č. 208/2004 Sb., o minimálních standardech pro ochranu hospodářských zvířat. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010–2023 [cit. 27. 10. 2023]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2004-208>.
- [5] Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/848 ze dne 30. května 2018 o ekologické produkci a označování ekologických produktů a o zrušení nařízení Rady (ES) č. 834/2007. In: *Úř. věst. L 150, 14.6.2018, s. 1–92*. 2018. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/ALL/?uri=CELEX:32018R0848>.
- [6] DA SILVA PIRES, P.; BAVARESCO, C.; PRATO, B.; WIRTH, M. a DE OLIVIERA MORAES, P. The relationship between egg quality and hen housing systems - A systematic review. *Livestock science*. 2021, č. 250.
- [7] MEDINA-CRUZ, M.; ZÁRATE-CONTRERAS, D.; PÉREZ-RUIZ, R.; AGUILAR-TOALÁ, J.; ROSAS-ESPEJEL, M. et al. Nutritional aspects, production and viability in the market of organic chicken eggs: Review. *Food Chemistry Advances*. 2024, č. 4.
- [8] ZOTTE, A.; CULLERE, M.; PELLATTIERO, E.; SARTORI, A.; MARANGON, A. et al. Is the farming method a relevant factor for marketed egg quality traits?. *Livestock science*. 2021, č. 246.
- [9] Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 178/2002 ze dne 28. ledna 2002, kterým se stanoví obecné zásady a požadavky potravinového práva, zřizuje se Evropský úřad pro bezpečnost potravin a stanoví postupy týkající se bezpečnosti potravin. In: *Úř. věst. L 31, 1.2.2002, s. 1–24*. 2002. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/ALL/?uri=CELEX%3A32002R0178>.
- [10] Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011 ze dne 25. října 2011 o poskytování informací o potravinách spotřebitelům, o změně nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1924/2006 a (ES) č. 1925/2006 a o zrušení směrnice Komise 87/250/EHS, směrnice Rady 90/496/EHS, směrnice Komise 1999/10/ES, směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/13/ES, směrnice Komise 2002/67/ES a 2008/5/ES a nařízení Komise (ES) č. 608/2004. In: *Úř. věst. L 304, 22.11.2011, s. 18–63*. 2011. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A02011R1169-20180101#M1-2>.
- [11] EVROPSKÝ PARLAMENT. *Bezpečnost potravin*. online. In: Fakta a čísla o Evropské unii. 2023. Dostupné z: <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/cs/sheet/51/food-safety>. [cit. 2023-10-16].
- [12] Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 852/2004 ze dne 29. dubna 2004 o hygieně potravin. In: *Úř. věst. L 139, 30.4.2004, s. 1–54*. 2004. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=celex%3A32004R0852>.
- [13] Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 853/2004 ze dne 29. dubna 2004, kterým se stanoví zvláštní hygienická pravidla pro potraviny živočišného původu. In: *Úř. věst. L 139, 30.4.2004, s. 55–205*. 2004. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/ALL/?uri=celex%3A32004R0853>.
- [14] Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1308/2013 ze dne 17. prosince 2013, kterým se stanoví společná organizace trhů se zemědělskými produkty. In: *Úř. věst. L 347, 20.12.2013, s. 671–854*. 2013. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/ALL/?uri=celex%3A32013R1308>.
- [15] VORLÍČEK, Petr. *Zjistit původ potravin je nejsnazší u masa a vajec*. online. In: Státní veterinární správa. 2017. Dostupné z: <https://www.svscr.cz/zjistit-puvod-potravin-je-nejsnazsi-u-masa-a-vajec/>. [cit. 2024-04-15].
- [16] ČESKO. Zákon č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010–2023 [cit. 20. 10. 2023]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-110>.

- [17] ČESKO. Vyhláška č. 69/2016 Sb., o požadavcích na maso, masné výrobky, produkty rybolovu a akvakultury a výrobky z nich, vejce a výrobky z nich. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010–2023 [cit. 20. 10. 2023]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-69>.
- [18] ČESKO. Vyhláška č. 417/2016 Sb., o některých způsobech označování potravin. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010–2023 [cit. 20. 10. 2023]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-417>.
- [19] ČESKO. Zákon č. 166/1999 Sb., o veterinární péči a o změně některých souvisejících zákonů (veterinární zákon). In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010–2023 [cit. 20. 10. 2023]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1999-166>.
- [20] ČESKO. Vyhláška č. 289/2007 Sb., o veterinárních a hygienických požadavcích na živočišné produkty, které nejsou upraveny přímo použitelnými předpisy Evropských společenství. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010–2023 [cit. 20. 10. 2023]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-289>.
- [21] ČESKO. Zákon č. 246/1992 Sb., České národní rady na ochranu zvířat proti týrání. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010–2023 [cit. 20. 10. 2023]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1992-246>.
- [22] Welfare of laying hens on farm. online. *EFSA Journal*. 2023, roč. 21, č. 2. Dostupné z: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2023.7789>. [cit. 2024-04-07].
- [23] JONES, D.; GUARD, J.; COX, N. a FEDORKA-CRAY, P. Microbiological impact of three commercial laying hen housing systems. online. *Poultry Science*. 2014, roč. 94, č. 3. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.3382/ps/peu010>. [cit. 2024-03-07].
- [24] GREAT EGG-SPECTATIONS FOR AMERICAN EGG FARMERS. online. In: Animal Agriculture Alliance. 2022. Dostupné z: <https://animalagalliance.org/great-egg-spectations-for-american-egg-farmers/>. [cit. 2024-03-07].
- [25] Nařízení Komise v přenesené pravomoci (EU) 2023/2465 ze dne 17. srpna 2023, kterým se doplňuje nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1308/2013, pokud jde o obchodní normy pro vejce, a zrušuje nařízení Komise (ES) č. 589/2008. In: *Úř. věst. L, 2023/2465, 8.11.2023*. 2023. Dostupné také z: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_del/2023/2465/oj.
- [26] *The best non-cage alternative: The aviary*. online. In: Poultry World. 2017. Dostupné z: <https://www.poultryworld.net/poultry/the-best-non-cage-alternative-the-aviary/>. [cit. 2024-03-07].
- [27] ZHENG, W.; ZHAO, Y.; XIN, H. a LI, B. Concentrations and size distributions of airborne particulate matter and bacteria in an experimental aviary laying-hen chamber. online. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*. 2013, roč. 56, č. 6, s. 1493-1501. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.13031/trans.56.10273>. [cit. 2024-03-07].
- [28] *Overview report on the protection of the welfare of laying hens at all stages of production*. Online. Publications Office of the European Union, 2023. Dostupné z: <https://data.europa.eu/doi/10.2875/933391>. [cit. 27. 10. 2023].
- [29] EVROPSKÝ PARLAMENT. *Návrh usnesení o evropské občanské iniciativě s názvem „End the Cage Age“ („Konec doby klecové“)*. online. In: . Dostupné z: https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/B-9-2021-0296_CS.html. [cit. 2023-10-27].
- [30] *End the Cage Age*. online. In: European Citizens' Initiative. 2021. Dostupné z: https://citizens-initiative.europa.eu/initiatives/details/2018/000004_en. [cit. 2024-03-07].
- [31] ČESKO. Zákon č. 501/2020 Sb., zákon, kterým se mění zákon č. 246/1992 Sb., na ochranu zvířat proti týrání, ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010–2023 [cit. 27. 10. 2023]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-501>.
- [32] EVROPSKÁ KOMISE. *Logo ekologických produktů*. online. In: EVROPSKÁ KOMISE. Agriculture and rural development. Dostupné z: https://agriculture.ec.europa.eu/farming/organic-farming/organic-logo_cs. [cit. 2024-03-07].
- [33] ČESKO. Zákon č. 242/2000 Sb., o ekologickém zemědělství a o změně zákona č. 368/1992 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010–2024 [cit. 8. 1. 2024]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-242>.
- [34] MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ, . *Kontrolní systém EZ*. online. In: Ministerstvo zemědělství. 2024. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/portal/mze/zemedelstvi/ekologicke-zemedelstvi/castohledate/kontrolni-system>. [cit. 2024-01-08].

- [35] MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ, . *Registrace do systému ekologického zemědělství*. online. In: Ministerstvo zemědělství. 2024. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/portal/mze/zemedelstvi/ekologicke-zemedelstvi/registrace>. [cit. 2024-01-08].
- [36] ČESKO. Vyhláška č. 16/2006 Sb., vyhláška, kterou se provádějí některá ustanovení zákona o ekologickém zemědělství. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010–2024 [cit. 8. 1. 2024]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-16>.
- [37] Prováděcí nařízení Komise (EU) 2020/464 ze dne 26. března 2020, kterým se stanoví některá prováděcí pravidla k nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/848, pokud jde o doklady potřebné ke zpětnému uznání období pro účely přechodu, produkci ekologických produktů a informace, jež mají členské státy poskytovat. In: *Úř. věst. L 98, 31.3.2020, s. 2–25*. 2020. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX:32020R0464>.
- [38] Prováděcí nařízení Komise (EU) 2021/1165 ze dne 15. července 2021, kterým se povolují některé produkty a látky pro použití v ekologické produkci a stanoví jejich seznamy. In: *Úř. věst. L 253, 16.7.2021, s. 13–48*. 2021. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A32021R1165>.
- [39] MURILLO, A.; DIMARCO, D. a FERNANDEZ, M. The Potential of Non-Provitamin A Carotenoids for the Prevention and Treatment of Non-Alcoholic Fatty Liver Disease. online. *Biology (Basel)*. 2016, roč. 5, č. 4. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/biology5040042>. [cit. 2024-01-08].
- [40] Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2019/6 ze dne 11. prosince 2018 o veterinárních léčivých přípravcích a o zrušení směrnice 2001/82/ES. In: *Úř. věst. L 4, 7.1.2019, s. 43–167*. 2019. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/ALL/?uri=CELEX%3A32019R0006>.
- [41] SALÁKOVÁ, A. *Hygiena a technologie drůbeže, vajec a zvířiny*. 1. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2014. ISBN 978-80-7305-721-3.
- [42] LI-CHAN, E.; POWRIE, W. a NAKAI, S. The Chemistry of Eggs and Egg Products. In: STADELMAN, William J. a COTTERILL, Owen J. (ed.). *Egg Science and Technology*. 4. Routledge, 2013, s. 105-175. ISBN 1-56022-855-5.
- [43] LACA, A.; PAREDES, B.; RENDUELES, M. a DÍAZ, M. Egg yolk plasma: Separation, characteristics and future prospects. *LWT - Food Science and Technology*. 2015, č. 62, s. 7-10.
- [44] GUHA, S.; MAJUMDER, K. a MINE, Y. Egg Proteins. In: VARELIS, Peter; MELTON, Laurence a SHAHIDI, Fereidoon (ed.). *Encyclopedia of Food Chemistry Vol. 1*. 1. Elsevier, 2019, s. 74-84. ISBN 978-0-12-814026-0.
- [45] LESNIEROWSKI, G. a STANGIERSKI, J. What's new in chicken egg research and technology for human health promotion? - A review. online. *Trends in Food Science & Technology*. 2018, č. 71, s. 46-51. Dostupné z: <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2017.10.022>. [cit. 2023-11-03].
- [46] MERAM, C. a WU, J. Anti-inflammatory effects of egg yolk livetins (α , β , and γ -livetin) fraction and its enzymatic hydrolysates in lipopolysaccharide-induced RAW 264.7 macrophages. online. *Food Research International*. 2017, č. 100, s. 449-459. Dostupné z: <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2017.07.032>. [cit. 2023-11-03].
- [47] ABEYRATHNE, E.; NAM, K. a UK AHN, D. Egg yolk lipids: separation, characterization, and utilization. online. *Food Science and Biotechnology*. 2020, č. 31, s. 1243–1256. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10068-022-01138-4>. [cit. 2023-11-03].
- [48] XIAO, N.; ZHAO, Y.; YAO, Y.; WU, N.; XU, M. et al. Biological Activities of Egg Yolk Lipids: A Review. online. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2020, č. 68, s. 1948-1957. Dostupné z: <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.1021/acs.jafc.9b06616?ref=pdf>. [cit. 2023-11-06].
- [49] XIE, M. Phospholipids. In: VARELIS, Peter; MELTON, Laurence a SHAHIDI, Fereidoon (ed.). *Encyclopedia of Food Chemistry Vol. 1*. 1. Elsevier, 2019, s. 214-217. ISBN 978-0-12-814026-0.
- [50] *Phospholipids in Pharmaceutical Form Line Extensions*. online. In: Pharma Excipients. 2024. Dostupné z: <https://www.pharmaexcipients.com/news/phospholipids-pharmaceutical-extensions/>. [cit. 2024-03-07].
- [51] NGAMWONGLUMLERT, L. a DEVAHASTIN, S. Carotenoids. In: VARELIS, Peter; MELTON, Laurence a SHAHIDI, Fereidoon (ed.). *Encyclopedia of Food Chemistry Vol. 1*. 1. Elsevier, 2019, s. 40-52. ISBN 978-0-12-814026-0.
- [52] DAUSON, D.; ZHANG, H.; YU, Y.; WANG, H.; TANG, C. et al. Carotenoid enrichment in eggs: From biochemistry perspective. *Animal Nutrition*. 2023, č. 14, s. 315-333.

- [53] GRASHORN, M. Feed Additives for Influencing Chicken Meat and Egg Yolk Color. In: CARLE, Reinhold a M. SCHWEIGGERT, Ralf (ed.); CARLE, Reinhold; M. SCHWEIGGERT, Ralf. *Handbook on Natural Pigments in Food and Beverages*. Woodhead Publishing, 2016, s. 283-302. ISBN 978-0-08-100371-8.
- [54] *Food and Feed Information Portal - Feed additives*. online. In: European Commission. 2024. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/food/food-feed-portal/screen/feed-additives/search>. [cit. 2024-01-09].
- [55] KETTA, M. a TŮMOVÁ, E. Eggshell structure, measurements, and quality-affecting factors in laying hens: a review. online. *Czech J. Anim. Sci.* 2016, roč. 7, č. 61, s. 299-309. Dostupné z: <https://doi.org/doi: 10.17221/46/2015-CJAS>. [cit. 2023-12-05].
- [56] NYS, Y. a GUYOT, N. Egg formation and chemistry. In: NYS, Yves; BAIN, Maureen a VAN IMMERSEEL, Filip (ed.). *Improving the safety and quality of eggs and egg products*. 1. Woodhead Publishing Limited, 2011, s. 84-132. ISBN ISBN 978-0-85709-072-0.
- [57] WILLIAMS, K. C. Some factors affecting albumen quality with particular reference to Haugh unit score. *World's Poultry Science Journal*. 1992, č. 48, s. 5-16.
- [58] ALIG, B.; MALHEIROS, R. a ANDERSON, K.. Evaluation of Physical Egg Quality Parameters of Commercial Brown Laying Hens Housed in Five Production Systems. online. *Animals*. 2023, roč. 13, č. 4, s. 716. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ani13040716>. [cit. 2024-01-10].
- [59] TRAVEL, A.; NYS, Y. a BAIN, M. Effect of hen age, moult, laying environment and egg storage on egg quality. In: NYS, Yves; BAIN, Maureen a VAN IMMERSEEL, Filip (ed.). *Improving the safety and quality of eggs and egg products*. 1. Woodhead Publishing Limited, 2011, s. 300-329. ISBN ISBN978-0-85709-072-0.
- [60] SUNDER, A.; WILKENS, M.; BOHM, V. a LIEBERT, F. Egg yolk colour in organic production as affected by feeding. *Food Chemistry*. 2022, č. 382.
- [61] *YolkFan™*. online. In: DSM. Dostupné z: <https://www.dsm.com/anh/products-and-services/tools/yolkfan.html>. [cit. 2024-01-10].
- [62] HILBERT, F.; PAULSEN, P. a SMULDERS, F. Poultry and Eggs. In: MOTARJEMI, Yasmine; MOY, Gerald G a TODD, Ewen CD (ed.). *ENCYCLOPEDIA OF FOOD SAFETY VOLUME 3 - Foods, Materials, Technologies and Risks*. 1. Elsevier, 2014, s. 280-284. ISBN 978-0-12-378612-8.
- [63] BARON, F. a JAN, S. Egg and egg product microbiology. In: NYS, Yves; BAIN, Maureen a VAN IMMERSEEL, Filip (ed.). *Improving the safety and quality of eggs and egg products*. 1. Woodhead Publishing Limited, 2011, s. 330-350. ISBN ISBN978-0-85709-072-0.
- [64] TECHER, C.; BARON, F. a JAN, S. Microbial spoilage of eggs and egg products. *World's Poultry Science Journal*. 2013, č. 69, s. 15-19.
- [65] CHOUSALKAR, K.; KHAN, S. a MCWHORTER, A. Microbial quality, safety and storage of eggs. online. *Current Opinion in Food Science*. 2021, č. 38, s. 91-95. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.10.022>. [cit. 2024-01-11].
- [66] Nařízení Komise (ES) č. 2073/2005 ze dne 15. listopadu 2005 o mikrobiologických kritériích pro potraviny. In: *Úř. věst. L 338, 22.12.2005, s. 1-26*. 2005. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A32005R2073>.
- [67] ETHELBERG, S.; MøLBAK, K. a JOSEFSEN, M. H. Salmonella Non-Typhi. In: MOTARJEMI, Yasmine; MOY, Gerald G a TODD, Ewen CD (ed.). *ENCYCLOPEDIA OF FOOD SAFETY VOLUME 1 History, Science and Methods*. 1. Elsevier, 2014, s. 501-514. ISBN 978-0-12-378612-8.
- [68] FUJIMORI, S. Gastric acid level of humans must decrease in the future. online. *World J Gastroenterol*. 2020, roč. 43, č. 26, s. 6706-6709. Dostupné z: <https://doi.org/10.3748%2Fwjg.v26.i43.6706>. [cit. 2024-01-11].
- [69] GAST, R.; DITTOE, D. a RICKE, S. Salmonella in eggs and egg-laying chickens: pathways to effective control. online. *Critical Reviews in Microbiology*. 2022, s. 1-25. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/1040841X.2022.2156772>. [cit. 2024-01-12].
- [70] MCNAMARA, D. J. Eggs. In: CABALLERO, Benjamin (ed.). *Encyclopedia of Human Nutrition, vol. 2*. 3. Academic Press, 2013, s. 132-138. ISBN 978-0-12-384885-7.
- [71] ABDEL-AAL, E. M. Lutein and Zeaxanthin Carotenoids in Eggs. In: HESTER, Patricia. *Egg Innovations and Strategies for Improvements*. Academic Press, 2017, s. 199-206. ISBN 978-0-12-800879-9.
- [72] REHAULT-GODBERT, S.; GUYOT, N. a NYS, Yves. The golden egg: Nutritional value, bioactivities, and emerging benefits for human health. *Nutrients*. 2019, roč. 11, č. 684.

- [73] ZAHEER, K. Hen egg carotenoids (lutein and zeaxanthin) and nutritional impacts on human health: a review. online. *CYTA–JOURNAL OF FOOD*. 2017, roč. 15, č. 3, s. 474–487. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/19476337.2016.1266033>. [cit. 2024-01-09].
- [74] ZHAO, X.; LIANG, K.; ZHU, H. a WANG, J. Health risk assessment of heavy metals contamination in selenium-enriched eggs. *Environmental Science and Pollution Research*. 2021.
- [75] LIANG, K.; BAI, S. a ZHU, H. Effects of cadmium, lead, mercury, chromium and selenium co-treatment on egg quality and fatty acids. *Environmental Science and Pollution Research*. 2023, č. 30, s. 73941-73951.
- [76] ROOHANI, N.; HURRELL, R.; KELISHADI, R. a SCHULIN, R. Zinc and its importance for human health: An integrative review. *Journal of Research in Medical Sciences*. 2013, s. 144-157.
- [77] MOTTA-ROMERO, H.; ZHANG, Z.; NGUYEN, A.; SCHLEGEL, V. a ZHANG, Y. Isolation of Egg Yolk Granules as Low-Cholesterol Emulsifying Agent in Mayonnaise. online. *Journal of Food Science*. 2017, roč. 82, č. 7, s. 1588-1593. Dostupné z: doi: 10.1111/1750-3841.13747. [cit. 2024-01-11].
- [78] LARSEN, D. S. The Structure and Properties of Eggs. In: VARELIS, Peter; MELTON, Laurence a SHAHIDI, Fereidoon (ed.). *Encyclopedia of Food Chemistry Vol. 3*. 1. Elsevier, 2019, s. 27-32. ISBN 978-0-12-814026-0.
- [79] SAKAI, S. a IKEDA, N. A numerical analysis to evaluate the emulsifying activity of pasteurized egg yolk. online. *Food Hydrocolloids*. 2022, č. 123. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107087>. [cit. 2024-01-11].
- [80] DONG, Wanyi. Enhancement of emulsification properties by modulation of egg white protein fibril structure with different heating times. online. *Food Hydrocolloids*. 2023, č. 135. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108203>. [cit. 2024-01-11].
- [81] MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. Komoditní karta Vejce - Listopad 2023. online. 2023. Dostupné z: https://eagri.cz/public/portal/-a35322---9UVzun-8/komoditni-karta-vejce-listopad-2023?_linka=a545410. [cit. 2024-04-15].
- [82] EVROPSKÁ KOMISE. *Eggs*. online. In: Agriculture and rural development. 2024. Dostupné z: https://agriculture.ec.europa.eu/farming/animal-products/eggs_en. [cit. 2024-04-15].
- [83] RONDONI, A.; ASIOLI, D. a MILLAN, E. Consumer behaviour, perceptions, and preferences towards eggs: A review of the literature and discussion of industry implications. *Trends in Food Science & Technology*. 2020, roč. 106, s. 391-401.
- [84] BERKHOF, J.; ALVARADO-GILIS, C.; KEIM, J.; ALCALDE, J.; VARGAS-BELLO-PÉREZ, E. et al. Consumer preferences and sensory characteristics of eggs from family farms. *Poultry Science*. 2020, č. 99, s. 6239-6246.
- [85] PRACHE, S.; LEBRET, B.; BAÉZA, E.; MARTIN, B.; GAUTRON, J. et al. Review: Quality and authentication of organic animal products in Europe. *Animal*. 2022, roč. 16.
- [86] YEH, C.; MENOZZI, D. a TÖRÖK, Á. Eliciting Egg Consumer Preferences for Organic Labels and Omega 3 Claims in Italy and Hungary. online. *Foods*. 2020, roč. 9, č. 9, s. 1212. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods9091212>. [cit. 2024-04-15].
- [87] GAUTRON, J.; DOMBRE, C.; NAU, F.; FEIDT, C. a GUILLIER, L. Review: Production factors affecting the quality of chicken table eggs and egg products in Europe. *Animal*. 2022, roč. 16.
- [88] PHILIPPE, F.; MAHBOUDI, Y.; CINQ-MARS, D.; LEFRANCOIS, M.; MOULA, N. et al. Comparison of egg production, quality and composition in three production systems for laying hens. *Livestock science*. 2020, č. 232.
- [89] POPOVA, T.; PETKOV, E.; AYASAN, T. a IGNATOVA, M. Quality of Eggs from Layers Reared under Alternative and Conventional System. online. *Braz. J. Poult. Sci*. 2020, roč. 22, č. 1. Dostupné z: <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2019-1172>. [cit. 2024-02-16].
- [90] HAMILTON, PAT B. The Use of High-Performance Liquid Chromatography for Studying Pigmentation. *Poultry Science*. 1992, č. 71, s. 718-724.
- [91] GIANNENAS, I.; NISIANAKIS, P.; GAVRIIL, A.; KONTOPIDIS, G. a KYRIAZAKIS, I. Trace mineral content of conventional, organic and courtyard eggs analysed by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). *Food Chemistry*. 2009, č. 114, s. 706-711.
- [92] KICZOROWSKA, B.; SAMOLINSKA, W.; KWIECIEN, M.; WINIARSKA-MIECZAN, A.; RUSNIEK-PRYSTUPA, E. et al. Nutritional value and the content of minerals in eggs produced in large scale, courtyard and organic systems. *Journal of Elementology*. 2015, roč. 20, č. 4, s. 887-895.

- [93] LI, Y.; MU, T.; LI, R.; MIAO, S.; DONG, X. et al. Effects of different selenium sources and levels on the physiological state, selenoprotein expression, and production and preservation of selenium-enriched eggs in laying hens. *Poultry Science*. 2024, č. 103.
- [94] DE FREITAS, R.; RAMOS NACANO, L.; LEMOS BATISTA, B. a BARBOSA, F. Toxic and essential elements in conventional and home-produced eggs by ICP-MS analysis. *Food additives and Contaminants*. 2013, roč. 6, č. 1, s. 30-35.
- [95] BORGES, E.; VOLMER, D.; GALLIMBERTI, M.; DE SOUZA, D.; DE SOUZA, E. et al. Evaluation of macro- and microelement levels for verifying the authenticity of organic eggs by using chemometric techniques. *Analytical Methods*. 2015, č. 7, s. 2577-2584.
- [96] CRISTEA, G.; DEHELEAN, A.; PUSCAS, R.; HATEGAN, A. a MAGDAS, D. Isotopic and elemental fingerprints of edible egg parts - The health risk assessment based on potentially toxic elements content. *Molecules*. 2023, roč. 28, č. 503.
- [97] HOSSAIN, A.; AHMED MD., W.; RABIN, M.; KAIUM, A.; RAZZAQUE MD., A. et al. Heavy metal quantification in chicken meat and egg: An emerging food safety concern. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2024, č. 126.
- [98] DOMINGO, J. L. Health risk of human exposure to chemical contaminants through egg consumption: A review. *Food Research International*. 2014, č. 56, s. 159-165.
- [99] LUZARDO, O.; RODRIQUEZ-HERNANDEZ, Á.; QUESADA-TACORONTE, Y.; RUIZ-SUAREZ, N.; ALMEIDA-GONZALEZ, M. et al. Influence of the method of production of eggs on the daily intake of polycyclic aromatic hydrocarbons and organochloride contaminants: An independent study in the Canary Islands. *Food and Chemical Toxicology*. 2013, č. 60, s. 455-462.
- [100] GRACE, E. a MACFARLANE, G. Assessment of the bioaccumulation of metals to chicken eggs from residential backyards. *Science of the Total Environment*. 2016, č. 563-564, s. 256-260.
- [101] DE VRIES, M.; KWAKKEL, R. a KIJLSTRA, A. Dioxins in organic eggs: A review. *NJAS*. 2006, roč. 54, č. 2.
- [102] ALJOHANI, A. S. M. Heavy metal toxicity in poultry: A comprehensive review. *Frontiers in Veterinary Science*. 2023.
- [103] VINCEVICA-GAILE, Z.; GAGA, K. a KLAVINS, M. Food and environment: Trace element content of hen eggs from different housing types. *APCBEE Procedia*. 2013, č. 5, s. 221-226.
- [104] PESAVENTO, G.; CALONICO, C.; RUNFOLA, M. a LO NOSTRO, A. Free-range and organic farming: Eggshell contamination by mesophilic bacteria and unusual pathogens. *Journal of Applied Poultry Research*. 2017, č. 26, s. 509-517.
- [105] SHARMA, Milan; MCDANIEL, Christopher; KIESS, Aaron; LOAR, Robert a ADHIKARI, Pratima. Effect of housing environment and hen strain on egg production and egg quality as well as cloacal and eggshell microbiology in laying hens. *Poultry Science*. 2022, roč. 101, č. 2.
- [106] ENGLMAIEROVÁ, M.; TŮMOVÁ, E.; CHARVÁTOVÁ, V. a SKŘIVAN, M. Effects of laying hens housing system on laying performance, egg quality characteristics, and egg microbial contamination. *Czech Journal of Animal Science*. 2014, roč. 59, č. 8, s. 345-352.
- [107] VLČKOVÁ, J.; TŮMOVÁ, E.; KETTA, M.; ENGLMAIEROVÁ, M. a CHODOVÁ, Darina. Effect of housing system and age of laying hens on eggshell quality, microbial contamination, and penetration of microorganisms into eggs. *Czech Journal of Animal Science*. 2018, roč. 63, č. 2, s. 51-60.
- [108] JOYE, Iris J. Acids and Bases in Food. In: VARELIS, Peter; MELTON, Laurence a SHAHIDI, Fereidoon (ed.). *Encyclopedia of Food Chemistry Vol. 1*. Elsevier, 2019, s. 1-9. ISBN 978-0-12-814026-0.
- [109] SAINI, R. a KEUM, Y. Carotenoid extraction methods: A review of recent developments. *Food Chemistry*. 2018, č. 240, s. 90-103.
- [110] ISLAM, K. M. S. a SCHWEIGERT, F. J. Comparison of three spectrophotometric methods for analysis of egg yolk carotenoids. *Food Chemistry*. 2015, č. 172, s. 233-237.
- [111] WROLSTAD, R. E. a SMITH, D. E. Color Analysis. In: NIELSEN, S. Suzanne (ed.); NIELSEN, S. *Food Analysis, Fifth Edition*. Springer, 2017, s. 545-555. ISBN 978-3-319-45774-1.
- [112] YEUNG, V.; MILLER, D. a RUTZKE, M. Atomic Absorption Spectroscopy, Atomic Emission Spectroscopy, and Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry. In: NIELSEN, S. (ed.). *Food Analysis, Fifth Edition*. Springer, 2017, s. 129-150. ISBN 978-3-319-45774-1.

- [113] KUTSCHER, D. a CUI, J. Key Steps to Create a Sample Preparation Strategy for Inductively Coupled Plasma (ICP) or ICP–Mass Spectrometry (ICP-MS) Analysis. online. *Spectroscopy*. 2022, roč. 37, č. 1, s. 38-42. Dostupné z: <https://doi.org/10.56530/spectroscopy.zs7576k7>. [cit. 2024-04-08].
- [114] ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, METROLOGII A STÁTNÍ ZKUEBNICTVÍ [ÚNMZ]. ČSN EN ISO 6887-4. *Mikrobiologie potravinového řetězce – Příprava analytických vzorků, výchozí suspenze a desetinásobných ředění pro mikrobiologické zkoušení – Část 4: Specifické pokyny pro různé výrobky*. 2019.
- [115] ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, METROLOGII A STÁTNÍ ZKUEBNICTVÍ [ÚNMZ]. ČSN EN ISO 4833-2. *Mikrobiologie potravinového řetězce – Horizontální metoda pro stanovení počtu mikroorganismů – Část 2: Technika roztěrem a počítání kolonií vykultivovaných při 30 °C*. 2014.
- [116] ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, METROLOGII A STÁTNÍ ZKUEBNICTVÍ [ÚNMZ]. ČSN EN ISO 6579-1. *Mikrobiologie potravinového řetězce – Horizontální metoda průkazu, stanovení počtu a sérotypizace bakterií rodu Salmonella – Část 1: Průkaz bakterií rodu Salmonella*. 2020.
- [117] HIDALGO, A.; ROSSI, M.; CLERICI, F. a RATTI, S. A market study on the quality characteristics of eggs from different housing systems. *Food Chemistry*. 2008, č. 106, s. 1031-1038.
- [118] GALGANO, F.; TOLVE, R.; COLANGELO, M.; SCARPA, T. a CARUSO, M. Conventional and organic foods: A comparison focused on animal products. *Cogent Food and Agriculture*. 2016, roč. 2, č. 1.
- [119] SKŘIVAN, M. a ENGLMAIEROVÁ, M. The deposition of carotenoids and alfa-tocopherol in hen eggs produced under a combination of sequential feeding and grazing. *Animal Feed Science and Technology*. 2014, č. 190, s. 79-86.
- [120] ZURAK, D.; SLOVENEK, P.; JANJEČIČ, Z.; BEDEKOVIČ, D.; PINTAR, J. et al. Overview on recent findings of nutritional and non-nutritional factors affecting egg yolk pigmentation. *World's Poultry Science Journal*. 2022, roč. 78, č. 2, s. 531-560.
- [121] SCHLATTERER, J. a BREITHAUPT, D. Xanthophylls in Commercial Egg Yolks: Quantification and Identification by HPLC and LC-(APCI)MS Using a C30 Phase. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2006, roč. 54, č. 6, s. 2267–2273.
- [122] VAN RUTH, S.; ALEWIJN, M.; ROGERS, K.; NEWTON-SMITH, E.; TENA, N. et al. Authentication of organic and conventional eggs by carotenoid profiling. *Food Chemistry*. 2011, č. 126, s. 1299-1305.
- [123] VAN RUTH, S.; KOOT, A.; BROUWER, S.; BOIVIN, N.; CARCEA, M. et al. Eggspection: organic egg authentication method challenged with produce from ten different countries. *Quality Assurance and Safety of Crops and Foods*. 2013, roč. 5, č. 1, s. 7-14.
- [124] PITURLEA, M.; PINTEA, A.; COPACIU, F.; GHERASIM, E. a TUDOR, C. Carotenoid Content and Profile of Some Commercially Available Eggs and In Vitro Bioaccessibility of Lutein and Zeaxanthin from Organic Egg Yolks. *Bulletin of University of Agr. Sciences and Vet. Medicine Cluj-Napoca*. 2020, roč. 78, č. 1, s. 77-87.
- [125] HAMMERSHOJ, M. a JOHANSEN, N. Review: The effect of grass and herbs in organic egg production on egg fatty acid composition, egg yolk colour and sensory profiles. *Livestock science*. 2016, č. 194, s. 37-43.
- [126] KIRSE-OZOLINA, A. Comparison of free-range, barn and caged hens' eggs commercially available in Latvia. *Foodbalt*. 2019, s. 55-60.
- [127] EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY. Lead dietary exposure in the European population. online. *EFSA Journal*. 2012, roč. 10, č. 7. Dostupné z: <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2012.2831>. [cit. 2024-05-06].
- [128] EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY. Statement on tolerable weekly intake for cadmium. online. *EFSA Journal*. 2011, roč. 9, č. 2. Dostupné z: <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2011.1975>. [cit. 2024-05-06].
- [129] EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY. Scientific Opinion on Arsenic in Food. online. *EFSA Journal*. 2009, roč. 7, č. 10. Dostupné z: <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2009.1351>. [cit. 2024-05-06].
- [130] Nařízení Komise (EU) 2023/915 ze dne 25. dubna 2023 o maximálních limitech některých kontaminujících látek v potravinách a o zrušení nařízení (ES) č. 1881/2006. In: *Úř. věst. L 119*, 5.5.2023, s. 103–157. 2023. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/915/oj>.

- [131] DRABIK, K.; SKLAECKI, P.; SPASOWSKA, H.; MELNYK, O.; KUTRZUBA, M. et al. Organic eggs as an indirect indicator of agricultural environmental pollution. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2024, č. 131.
- [132] ESPOSITO, M.; CAVALLO, S.; CHIARAVALLE, E.; MIEDICO, O.; PELLICANO, R. et al. Trace elements in free-range hen eggs in the Campania region analyzed by ICP-MS. *Environ Monit Assess*. 2016.
- [133] ATAMALEKI, A. The concentration of potentially toxic elements in eggs. *Trends in Food Science & Technology*. 2020, č. 95, s. 1-9.
- [134] SOLÍS, D.; CORDERO, N.; QUEZADA-REYES, M.; ESCOBAR-ASTETE, C.; TORO, M. et al. Prevalence of Salmonella in Eggs from Conventional and Cage-Free Egg Production Systems and the Role of Consumers in Reducing Household Contamination. *Foods*. 2023, roč. 23, č. 12, s. 4300.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

EU	Evropská Unie
LDL	Low Density Lipoprotein – Nízkodenzitní lipoprotein
HDL	High Density Lipoprotein – Vysokodenzitní lipoprotein
FL	Fosfolipid
HU	Haughova jednotka
KTJ	Kolonie tvořící jednotky
MZe	Ministerstvo zemědělství
CV	Celé vejce
BL	Bílek
ŽL	Žloutek
SK	Skořápka
LT	Lutein
ZX	Zeaxantin
KX	Kantaxantin
BMDL ₀₁	Benchmark Dose Lower Confidence Limit – Spodní limit dávky kontaminantu v potravine odpovídající zvýšení zdravotního rizika o 1 %
TWI	Tolerable Weekly Intake – Přípustný týdenní příjem kontaminantu z potravin

Zkratky pro chov nosnic:

K	Klecový chov
V	Chov s volným výběhem
B	Ekologický (bio) nosnic
D	Domácí chov

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Identifikační označení potravin živočišného původu. [15].....	13
Obrázek 2 Plastová podložka pro klovaní a hrabání v klecovém chovu nosnic. [23].....	16
Obrázek 3 Schéma obohacené klece. Přeloženo z angličtiny. [24].....	16
Obrázek 4 Chov nosnic ve voliérovém systému. [26]	18
Obrázek 5 Schéma konstrukce ve voliérovém systému. Přeloženo z angličtiny. [27].....	18
Obrázek 6 Logo EU pro ekologickou produkci. [32].....	21
Obrázek 7 Logo pro biopotraviny certifikované na území ČR. [36].....	22
Obrázek 8 Schéma fosfolipidu. Přeloženo z angličtiny. [50].....	27
Obrázek 9 Struktura vaječné skořápky (skenovací elektronový mikroskop). (A) Průřez všemi vrstvami skořápky (B) Detail podskořápkových blan (C) Tvorba krystalů CaCO_3 z nukleárních jader na vrchní podskořápkové bláně (D) Kutikula a vrchní vrstva skořápky. [55]	30
Obrázek 10 Vzorník pro určení barevného odstínu žloutku. [61].....	32
Obrázek 11 Porovnání hodnot BCE (ekvivalenty β -karotenu), Roche a $L^*a^*b^*$ u žloutku. (A) Krmivo s kantaxantinem (B) Krmivo z kukuřičné moučky. [90]	41
Obrázek 12 Porovnání žloutků oproti barevné škále Roche. (WY) Krmivo z bílé odrůdy kukuřice (CGM) Krmivo z kukuřičné moučky (CANT) Krmivo s kantaxantinem. [90]	41
Obrázek 13 Vzorky připravené na lyofilizaci.	47
Obrázek 14 Vzorek po extrakci a odstředění, zabarvená horní vrstva obsahuje karotenoidy.....	50
Obrázek 15 Schéma postupu průkazu bakterií rodu <i>Salmonella</i>	56
Obrázek 16 Obsah karotenoidů v jednotlivých vzorcích	64
Obrázek 17 Průměrný obsah luteinu a zeaxantinu ve žloutcích vajec z různých chovů.....	65
Obrázek 18 Srovnání obsahu karotenoidů ve dvou různých ročních obdobích (L) léto, 07/2023 (Z) zima, 02/2024.....	67
Obrázek 19 Příklad vizuálního rozdílu v barvě žloutku D2: vzorek s vysokým L^* , b^* a nízkým a^* V3: vzorek s nízkým L^* , b^* a vysokým a^*	70

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Průměrné složení slepičího vejce a jeho součástí v % [41].....	25
Tabulka 2 Přibližný obsah vybraných složek ve žloutku a jeho frakcích [43].....	25
Tabulka 3 Složení fosfolipidů vaječného žloutku	27
Tabulka 4 Průměrný obsah karotenoidů ve slepičích vejcích [53]	28
Tabulka 5 Průměrné zastoupení jednotlivých vrstev v bílku (v pořadí od skořápky směrem do středu vejce) [42]	28
Tabulka 6 Složení proteinů vaječného bílku [44]	29
Tabulka 7 Mikrobiologická kritéria pro vaječné výrobky [66].....	33
Tabulka 8 Nutriční hodnoty slepičího vejce (na 100 g vaječného obsahu) [70].....	36
Tabulka 9 Obsahy vybraných prvků ve vejcích [10] [72].....	36
Tabulka 10 Spotřebitelské ceny vajec z různých chovů	38
Tabulka 11 Označení a charakterizace vzorků.....	47
Tabulka 12 Parametry chromatografického stanovení karotenoidů.....	51
Tabulka 13 Hmotnost vajec (n = 4).....	57
Tabulka 14 Průměrná hmotnost vajec z různých chovů (n = 16, n(D) = 8).....	58
Tabulka 15 Procentuální zastoupení částí vajec a poměr hmotnosti žloutku a bílku (n = 4).....	58
Tabulka 16 Procentuální zastoupení částí vajec a poměr hmotnosti žloutku a bílku ve vejcích z různých chovů (n = 16, n(D) = 8).....	58
Tabulka 17 Srovnání hmotnosti vajec ve dvou různých ročních obdobích (L) léto, 07/2023 (Z) zima, 02/2024 (n = 8, n(D) = 4).....	59
Tabulka 18 Srovnání procentuálního zastoupení částí vajec a poměru hmotnosti žloutku a bílku ve dvou různých ročních obdobích (L) léto, 07/2023 (Z) zima, 02/2024 (n = 8, n(D) = 4)	60
Tabulka 19 Hodnoty pH bílku a žloutku (n = 4).....	61
Tabulka 20 Průměrné hodnoty pH bílku a žloutku (n = 16, n(D) = 8).....	61
Tabulka 21 Srovnání hodnot pH ve dvou různých ročních obdobích (L) léto, 07/2023 (Z) zima, 02/2024 (n = 8, n(D) = 4).....	62
Tabulka 22 Obsah karotenoidů ve žloutcích (n = 2).....	63
Tabulka 23 Průměrný obsah luteinu a zeaxantinu ve žloutcích z různých chovů (n = 8, n(D) = 4)	64
Tabulka 24 Srovnání obsahu karotenoidů ve dvou různých ročních obdobích (L) léto, 07/2023 (Z) zima, 02/2024 (n = 4, n(D) = 2)	66
Tabulka 25 Barevné parametry žloutků (n = 2)	68
Tabulka 26 Průměrné barevné parametry žloutků z různých chovů (n = 8, n(D) = 4)	69
Tabulka 27 Srovnání barevných parametrů s celkovým obsahem LT a ZX a obsahem KX ve žloutku	69
Tabulka 28 Barevné parametry žloutků ve dvou různých ročních obdobích (L) léto, 07/2023 (Z) zima, 02/2024 (n = 4, n(D) = 2)	70
Tabulka 29 Obsah Se ve vejcích (n = 2)	71
Tabulka 30 Průměrný obsah Se ve vejcích z různých chovů, včetně rozsahu hodnot (n = 8, n(D) = 4)	72

Tabulka 31 Srovnání obsahu Se ve dvou různých obdobích (L) léto, 07/2023 (Z) zima, 02/2024 (n = 4, n(D) = 2)	73
Tabulka 32 Limitní hodnoty pro příjem vybraných těžkých kovů z potravin.....	74
Tabulka 33 Obsah As, Cd a Pb v jednotlivých vzorcích vajec (n = 2)	75
Tabulka 34 Průměrný obsah As, Cd a Pb ve vejcích z různých chovů, včetně rozsahu hodnot (n = 8, n(D) = 4)	75
Tabulka 35 Srovnání obsahu As, Cd a Pb ve dvou různých obdobích (L) léto, 07/2023 (Z) zima, 02/2024 (n = 4, n(D) = 2).....	76
Tabulka 36 Počty aerobních mezofilních MO (n = 2)	77
Tabulka 37 Počty aerobních mezofilních MO v různých chovech (n = 8, n(D) = 4).....	77
Tabulka 38 Počty aerobních mezofilních MO ve dvou různých obdobích; (L) léto, 07/2023 (Z) zima, 02/2024.....	78

