

Změny jakostních parametrů vajec během skladování

Bc. Pavla Jančíková

Diplomová práce
2010



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav biochemie a analýzy potravin
akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Bc. Pavla JANČÍKOVÁ
Osobní číslo: T080336
Studijní program: N 2901 Chemie a technologie potravin
Studijní obor: Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin
Téma práce: Změny jakostních parametrů vajec během skladování

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Obecná charakteristika vajec, chemické složení a kvalita vajec.
2. Popište změny vajec během skladování.

II. Praktická část

1. Laboratorní zpracování vzorků vajec a stanovení jakostních parametrů.
2. Statistické zpracování a vyhodnocení výsledků.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] SIMEONOVÁ, J. a kol. Technologie drůbeže, vajec a minoritních živočišných produktů. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1999. 247 s. ISBN 80-7157-405-8.

[2] HEJLOVÁ, Š. Hygiena a technologie vajec a vaječných výrobků. 1. vyd. Újezd u Brna: RNDr. Ivan Straka, 2001. 72 s. ISBN 80-902775-8-6.

[3] OREL, V. Vejce, jejich ošetřování a zpracování. Státní nakladatelství technické literatury, 1959. 225 s.

[4] VELÍŠEK, J. Chemie potravin 2. 2. vyd. Tábor: OSSIS, 2002. 288 s. ISBN 80-86659-01-1.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jiří Mlček, Ph.D.

Ústav technologie a mikrobiologie potravin

Datum zadání diplomové práce:

4. ledna 2010

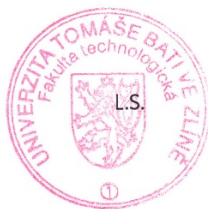
Termín odevzdání diplomové práce:

19. května 2010

Ve Zlíně dne 8. dubna 2010



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



prof. Ing. Ignác Hoza, CSc.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou 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 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užit své dílo – diplomovou/bakalářskou 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);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské 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.

Ve Zlíně

.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ 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, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ 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, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá charakteristikou slepičích vajec. V teoretické části jsou popsány obecné charakteristiky vajec. Experimentální část je zaměřena na změny jakostních parametrů vajec v průběhu jejich skladování. Vejce byla skladována po dobu 10 týdnů. K dispozici bylo 360 kusů vajec, které byly sneseny v jeden den, takže všechny vzorky byly stejného stáří. Tyto vejce pak byly rozděleny na polovinu a skladovány při dvou různých teplotách a to: + 4 °C a + 18 °C. V průběhu stárnutí vajec jsme sledovali změny u následujících parametrů: pH bílku, pH žloutku, úbytek hmotnosti vejce, Haughovy jednotky, index bílku, index žloutku, barva žloutku dle stupnice La Roche a procentuální zastoupení žloutku, bílku a skořápky. Dále pekařské vlastnosti vajec, konkrétně výšku a objem piškotového korpusu po upečení a mikrobiologickou nezávadnost vajec.

Klíčová slova: vejce, skladování vajec, index bílku, index žloutku, Haughovy jednotky, piškotový korpus, mikrobiologie vajec.

ABSTRACT

This thesis deals with characteristics of hens eggs. The theoretical part describes the general characteristics of eggs. The experimental part focuses on changes in quality parameters of eggs during storage. Eggs were stored for 10 weeks. There were 360 pieces of eggs that were born in one day, so all samples were the same age. These eggs were then divided in half and stored at two different temperatures, specifically: + 4 ° C and +18 ° C. During the storing of the eggs We monitored changes in the following parameters: pH of albumen, yolk pH, egg weight loss, Haugh units, albumen index, yolk index, yolk colour scale from La Roche and the percentage of yolk, albumen and shell. Also we monitored baking qualities of eggs, specifically height and volume after baking the cake in the corpus and the microbiological safety of eggs.

Keywords: eggs, quality parameters of eggs, egg storage, albumen index, yolk index, Haugh units , microbiology eggs.

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu diplomové práce panu Ing. Jiřímu Mlčkovi, Ph.D. za cenné rady, čas a připomínky k mé diplomové práci.

A také bych ráda poděkovat mé rodině a přátelům za podporu při celé délce mého studia.

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné. Prohlašuji, že jsem na diplomové práci pracovala samostatně a použitou literaturu jsem citovala. V případě publikace výsledků, je-li to uvedeno na základě licenční smlouvy, budu uvedena jako spoluautorka.

Ve Zlíně

.....

Podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	11
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 HISTORIE VAJEC	13
1.1 DRŮBEŽÁŘSKÝ PRŮMYSL A SPOTŘEBA VAJEC	13
2 SLEPIČÍ VEJCE	14
2.1 TVORBA A STAVBA VEJCE.....	14
2.1.1 Žloutek	14
2.1.2 Bílek	15
2.1.3 Podskořápkové blány	16
2.1.4 Skořápka.....	17
2.1.5 Kutikula.....	17
3 VLASTNOSTI VAJEC	19
3.1 CHEMICKÉ SLOŽENÍ VAJEC	19
3.2 VELIKOST A HMOTNOSTNÍ SLOŽENÍ VAJEC	20
3.3 TVAR VAJEC	22
3.4 SKOŘÁPKA A JEJÍ BARVA	22
3.5 FYZIKÁLNĚ CHEMICKÉ VLASTNOSTI	23
3.5.1 Měrná hmotnost	23
3.5.2 Bod mrznutí.....	24
3.5.3 Index lomu	24
3.5.4 Hodnota pH	24
3.5.5 Iontové vlastnosti	24
3.5.6 Viskozita	25
3.5.7 Povrchové napětí.....	25
3.6 FUNKČNÍ VLASTNOSTI VAJEC	25
3.6.1 Tvorba gelu	26
4 ČERSTVOST A KVALITA	27
4.1 SKLADOVÁNÍ VAJEC	28
4.2 ZMĚNY PŘI STÁRNUTÍ	28
4.2.1 Úbytek hmotnosti	29
4.2.2 Vzduchová komůrka	29
4.2.3 Žloutek a bílek.....	30
4.2.3.1 Index bílku	31
4.2.3.2 Haughovy jednotky (HU)	31
4.2.3.3 Index žloutku	32
4.2.4 pH a chemické změny	32
4.2.5 Barvy	33
4.2.6 Vůně a chuť	33

4.3	KVALITATIVNÍ ZNAKY.....	33
4.4	VADY VAJEC.....	35
5	MIKROBIOLOGIE VAJEC.....	37
5.1	KONTAMINACE.....	37
5.1.1	Salmonela.....	38
II	PRAKTICKÁ ČÁST.....	40
6	CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE.....	41
7	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST.....	42
7.1	METODIKA PRÁCE PRO VNĚJŠÍ A VNITŘNÍ PARAMETRY.....	42
7.1.1	Úbytek hmotnosti vajec během skladování.....	42
7.1.2	Haughovy jednotky (HU).....	42
7.1.3	Index žloutku.....	43
7.1.4	Index bílku.....	43
7.1.5	Procentuální podíl bílku z hmotnosti vejce.....	43
7.1.6	Procentuální podíl žloutku z hmotnosti vejce.....	44
7.1.7	Procentuální podíl skořápky z hmotnosti vejce.....	44
7.1.8	pH bílku.....	44
7.1.9	pH žloutku.....	44
7.1.10	Barva žloutku.....	44
7.1.11	Statistické zpracování.....	45
7.1.12	Stanovení pekařské jakosti vajec.....	45
7.1.13	Stanovení mikroorganismů na skořápce vajec.....	46
7.1.14	Stanovení mikroorganismů v melanži.....	46
7.2	POMŮCKY A MATERIÁL.....	47
7.2.1	Materiál.....	47
7.2.2	Pomůcky.....	47
7.2.2.1	Použité půdy.....	47
8	VÝSLEDKY A DISKUZE.....	49

8.1	ÚBYTEK HMOTNOSTI VAJEC BĚHEM SKLADOVÁNÍ	49
8.2	HAUGHOVY JEDNOTKY (HU)	51
8.3	INDEX ŽLOUTKU	53
8.4	INDEX BÍLKU	56
8.5	PROCENTUÁLNÍ PODÍL BÍLKU Z HMOTNOSTI VEJCE	58
8.6	PROCENTUÁLNÍ PODÍL ŽLOUTKU Z HMOTNOSTI VEJCE.....	61
8.7	PROCENTUÁLNÍ PODÍL SKOŘÁPKY Z HMOTNOSTI VEJCE.....	63
8.8	PH BÍLKU	66
8.9	PH ŽLOUTKU	68
8.10	BARVA ŽLOUTKU.....	71
8.11	STANOVENÍ PEKAŘSKÉ JAKOSTI VAJEC	74
8.12	MIKROBIOLOGICKÝ ROZBOR VAJEC.....	75
8.12.1	Stanovení mikroorganismů na skořápce vajec.....	76
8.12.2	Stanovení mikroorganismů v melanži	76
	ZÁVĚR.....	78
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	81
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	85
	SEZNAM OBRÁZKŮ	86
	SEZNAM TABULEK.....	87
	SEZNAM PŘÍLOH.....	91

ÚVOD

Vejsce je považováno za symbol života, jara a Velikonoc. Charakteristický vejčitý tvar slepičího vejce se stal používaným pojmem nejen v umění a architektuře. Slovo vejce se často zaměňuje se slovem vajíčko a naopak. Vajíčko je tedy samičí pohlavní buňka a pojem vejce se používá pro vajíčko uzavřené v obalech včetně skořápky, zvláště pak v oblasti potravinářství.

Vejsce je častou součástí jídelníčku lidí, ale také potravou pro zvířata, a patří mezi nutričně bohaté zdroje. Využívá se nejen v potravinářském průmyslu, ale i jiných průmyslových odvětvích: farmacie, kosmetika, v minulosti i kožedělný průmysl či stavebnictví.

Nejvíce konzumovaná jsou vejce slepičí, k dostání v obchodní síti bývají také vejce perliček, křepelek a pštrosí vejce. Lidé se často obávají v souvislosti s konzumací vajec o svůj cholesterol. Denní příjem cholesterolu dle výživového doporučení je 300 mg. Doporučená konzumace slepičích vajec se v minulosti pohybovala mezi 2 - 3 kusy vajec týdně u dospělého člověka. V současné době tato doporučení však již nejsou aktuální. Každodenní konzumace vajec, podle britských specialistů na výživu, neohrožuje lidské zdraví. Vejsce na metabolismus cholesterolu u člověka negativní vliv nemají a v naprosté většině konzumace nadměrného množství vajec nezvyšuje hladinu cholesterolu v krvi.

V souvislosti s konzumací vajec se také lidé obávají mikrobiologické závadnosti, především bakteriálního onemocnění salmonelózy. Ta může být nebezpečná především pro starší lidi, kojence nebo diabetiky. V současné době však v České republice existuje program na tlumení salmonel, a proto riziko onemocnění není tak časté jako v minulých letech.

Spotřeba vajec v ČR se pohybuje v těchto letech okolo 300 kusů na obyvatele za rok. Je to poměrně vysoká spotřeba a i proto by se vejším a jejich kvalitě, včetně skladování a podmínek skladování, měla věnovat pozornost. Jakostní parametry jsou důležitým ukazatelem kvality vajec jak pro spotřebitele, tak pro potravinářské podniky zpracovávající vejce a výrobky z nich.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 HISTORIE VAJEC

Vejsce patří do jídelníčku lidí již dlouhou dobu. Ještě před chováním slepic lidé vybírali vejce z hnízd ptáků všech druhů. Věřilo se, že slepice původně přišly z džunglí Indie.

Na Ukrajině se tradice zdobení vajec datuje 3000 před naším letopočtem. Číňané objevili cesty k uchovávání vajec a jedly je ještě před rokem 1400 před naším letopočtem. Ostatní lidé z jihovýchodní Asie chovali drůbež také kolem této doby a o chování slepic v Egyptě svědčí tamější nástěnné malby.

Existuje velká propojenost mezi vejcem a náboženskou vírou a zvyky. Již starověcí Číňané byli mezi těmi, kteří vejce zahrnovali v obřadech a oslavách příchodu jara. Pro křesťany se vejce stalo symbolem spojeným se vzkříšením Krista. [1]

1.1 Drůbežářský průmysl a spotřeba vajec

Samostatný drůbežářský obor vznikl v ČR až v r. 1958, ale jednotlivé závody vznikaly od počátku 50. let jako součást mlékárenského a tukového průmyslu. Postupně byly vybudovány moderní jateční provozy na drůbež.

Zpracování vajec začalo mechanizací třídících linek s mechanickým vyklápěním a vkládáním do obalů. Výroba sušených vajec se datuje od r. 1950 (Opočno). V Británii bylo využití sušených vajec již během 2. světové války. V ČR od r. 1955 byla zavedena do provozu linka na vytloukání vajec. Průmyslová výroba majonéz se datuje od r. 1959. Při sušení vajec byla použita v sedmdesátých letech ultrafiltrační zařízení.

Spotřeba vajec v průběhu let v naší populaci není stejná. Dle statistik například v 50. letech byla průměrná roční spotřeba cca 130 kusů na obyvatele za rok. V roce 1970 se pohybovala průměrná spotřeba vajec již na hodnotě 277 kusů. Po roce 2000 se spotřeba pohybuje zhruba ve stejných číslech. Mezi lety 2000 až 2007 kolísala spotřeba mezi 245 až 286 kusy. V roce 2008 byl zaznamenán nárůst spotřeby i produkce vajec, a to patrně vzhledem k ekonomické situaci v roce 2008, kdy výrazně vzrostla spotřeba vajec (jakožto zdroj levných bílkovin). Proti cenám masa je vejce stále nejlevnější živočišnou bílkovinou na tuzemském trhu. [1, 2, 3, 4, 5]

2 SLEPIČÍ VEJCE

Slepice kura domácího (*Gallus gallus*) mohou snášet vejce již ve věku čtyř až pěti měsíců. Neustálou cílenou selekcí, plemenitbou vhodných jedinců a křížením se podařilo vyšlechtit vysoce užitková nosná plemena, a to především nosné hybridy, které jsou schopny snést 300 vajec ročně i více. Vlastnost snášet vejce pouze v reprodukčním období byla u slepic víceméně potlačena.

Nejvíce vajec snese slepice v prvním snáškovém období (cyklu). Cyklus je ukončen pelicháním, které je obdobím přirozeného fyziologického klidu. Jakmile dojde k výměně peří, začne slepice opět snášet. Ve druhém snáškovém cyklu snáší slepice méně vajec, která jsou však větší než vejce z prvního cyklu. Vynásobí-li se počet vajec jejich hmotností, je výsledná hmotnost vajec v obou cyklech téměř shodná.

Množství vajec, které slepice za svůj život snese, je pevně dáno v okamžiku, kdy se sama vyklube z vejce. Slepice má totiž už od narození omezenou zásobu vaječných buněk. Výkonné nosnice tuto zásobu spotřebují za několik let, jiné slepice, které snášejí méně vajec ročně, jsou někdy schopny snášky ještě ve velmi vysokém věku (třeba i v 10 letech). Průměrná slepice ovšem po šestém roce nesnáší prakticky žádná vejce. [6, 7, 8, 9]

2.1 Tvorba a stavba vejce

2.1.1 Žloutek

První fází tvorby vejce je tvorba žloutku. Ta trvá 7 až 11, někdy až 14 dní. Vzniká žloutková hmota, která se ukládá v buňce v útvaru podobném podkově. Jádro zárodečné buňky je vytlačováno ze středu k povrchu buňky. Z jádra vzniká dalším vývojem zárodečný terčík. Ten se v oplozeném vejci nazývá blastoderm, v neoplozeném blastodisk. Hmota původní buňky se soustřeďuje kolem zárodečného terčíku a označuje se Panderovo jádro. Panderovo jádro je spojeno kanálkem (kanálek latebry) se středem žloutku, který je tvořen světlým žloutkem a nazývá se latebra. Složky žloutku se netvoří biochemickou syntézou, ale dochází pouze k přeskupování vysokomolekulárních a nízkomolekulárních látek, které prošly přes folikul, přičemž se tvoří kapalná fáze (plazma), v níž plavou kuličky (granule). Plazma představuje asi 78 % a granule 19 – 23 % hmoty žloutku. Žloutek zastává řadu funkcí jako nositel zárodečného terče, ze kterého začíná vývoj embrya a jako zásobárna lipidů, proteinů a dalších živin pro vývoj embrya. Žloutek je heterogenní hmota, v níž se

pravidelně střídají centrické vrstvy světlého a tmavého žloutku. **Světlý žloutek** vždy tvoří střed žloutku (latebru) a poslední vrstvu pod žloutkovou membránou. Latebra je podstatně tekutější než ostatní žloutek a zůstává tekutá i po varu nebo po zmrazení. Světlý žloutek představuje

3 – 6 % z celkové hmotnosti žloutku. Vzniká v době klidu, kdy nosnice nepřijímá potravu. Má ve žloutku vazebnou funkci, obsahuje více vody (cca 86 %) než tmavý žloutek. Sušina tvoří 13 – 14 % a je tvořena především proteiny. Tuky představují jen asi 3,5 % sušiny. **Tmavý žloutek** se tvoří v době, kdy nosnice přijímá krmivo. Obsahuje 54,6 % sušiny, z níž hlavní složkou jsou lipidy (asi 35 %) a proteiny (asi 16 %). Obsahuje také lipofilní karotenoidní barviva. Má funkci zásobní. Strukturálně je tvořen micelami různé velikosti a tvaru. Žloutek je největší známá biologická buňka. Má průměr asi 40 µm, tvar je kulovitý, mírně zploštělý, nachází se ve středu vejce a tvoří asi třetinu jeho hmotnosti. Je obklopen **žloutkovou (vitelinovou) membránou**, která je pevná a pružná. Skládá se z několika vrstev. V průběhu narůstání žloutkové hmoty se tlak na folikulární obal stále zvětšuje. Síla obalu se snižuje, až dojde k jeho prasknutí v místě folikula, v němž nejsou cévy. Toto místo se nazývá stigma. Prasknutím folikulárního obalu se uvolní žloutek z vaječnicku. K uvolnění vajíčka dochází ve 24 hodinovém cyklu, na který má vliv světelný režim.

Jedním z ukazatelů kvality a čerstvosti žloutku je **index žloutku**. Je to poměr výšky a šířky vyjádřený v %. Žloutek zcela čerstvého vejce má po rozbití a vylití vaječného obsahu na vodorovnou podložku téměř polokulovitý tvar. Čím je vejce starší, tím je žloutek nižší a širší. Jeho tvar je závislý na pevnosti a elasticitě žloutkové membrány, která se stárnutím snižuje. Proto mají starší vejce nižší index žloutku. Ten se pohybuje v hodnotách 32 – 58 %. [5, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17]

2.1.2 Bílek

Bílek zaujímá ve vejci prostor mezi žloutkem a vnitřní podskořápkovou membránou. K tvorbě bílku dochází v bílkové části vejcovodu. Vejcovod začíná nálevkou, v níž se tvoří první vrstva bílku zvaná chalázový bílek (vnitřní hustý bílek), který je vláknitě spojen s vnější vrstvou vitelinové membrány. Chalázový bílek tvoří jakýsi vak, v němž je uložen žloutek. Ten je spojen pružnými vláknitými provazci (chalázami), tvořenými při rotaci vejce ve vejcovodu, s podskořápkovou blanou na obou koncích vejce. Úlohou chalázového bílku je udržovat žloutek ve středu vejce a vyrovnávat vliv otřesů při nešetrné manipulaci. Chalázový bílek tvoří asi 3 % z celkového objemu bílku.

Vejsce zůstává v nálevce 18 až 25 minut a pak postupuje do bílkotvorné a nejdelší části vejcovodu (magnum). Zde se tvoří zbývající bílek, který se skládá z řídkého a hustého bílku. Nejdříve vzniká řídký bílek, který se nazývá vnitřní řídký bílek a představuje asi 17 % z celkového objemu bílku. Během tvorby bílku dochází k posunu vejce peristaltickými pohyby vejcovodu. V hlavním úseku magna vzniká hustý bílek (tuhý bílek), který tvoří asi 57 % celkového bílku. Hustý bílek má gelovou strukturu, kterou vytváří mřížka z mucinových vláken, v níž je vázán roztok proteinů ve vodě. Někdy bývá označován jako bílkový vak, v němž je uložen žloutek, který je tak chráněn před mechanickým poškozením.

Další vrstva bílku tzv. vnější řídký bílek, se tvoří v následné části vejcovodu, která se nazývá krček. Vnější řídký bílek představuje asi 23 % objemu bílku. Složení vnitřního a vnějšího řídkého bílku se příliš neliší. Na zastoupení jednotlivých vrstev bílku má vliv řada faktorů, např. dědičná schopnost tvořit hustý bílek nebo teplota prostředí. Vyšší teplota vyvolává snížení tvorby hustého bílku, což lze pozorovat u letních vajec. Dalšími faktory jsou stáří a individualita nosnice. Čím jsou nosnice starší, tím menší je podíl hustého bílku. Ve velkochovech s regulovanou teplotou a vlhkostí jsou rozdíly menší než při chovu nosnic tradičním způsobem.

Bílek představuje přibližně 60 % hmotnosti vejce a má funkci zásobárny vody pro zárodek. Vzhledem k antibakteriálnímu působení některých proteinů působí též jako ochranná bariéra při průniku mikroorganismů přes skořápku do žloutku.

Tvorba bílku je řízena hormonálním systémem a trvá asi 2,5 až 3 hodiny. V tubulárních buňkách, které tvoří až 90 % buněk vejcovodu, se syntetizují nejvýznamnější proteiny (ovoalbumin, ovotransferin, lysozym, ovomukoid), povrchové epiteliální buňky vylučují avidin a ovomucin. [10, 12, 17, 18, 19]

2.1.3 Podskořápkové blány

V krčku vejcovodu probíhá současně s tvorbou vnějšího řídkého bílku i tvorba podskořápkových blan. Celý proces trvá asi 1 hodinu. Ve vejci se nacházejí dvě podskořápkové blány. Blány mají strukturu pletiva, složeného z proteinových vláken kreatinového a mucinového charakteru. V obou blanách jsou póry, přes které dochází k difúzi nebo osmóze plynů a kapalin. Pevnost blan závisí na jejich složení. Vnější podskořápková blána je pevnější než vnitřní bílková. Blány svou pevností a pružností vyrovnávají křehkost skořápky. Vnitřní podskořápková blána je spojená s vnějším řídkým bílkem a sleduje změnu jeho

objemu, vnější podskořápková blána pevně přiléhá ke skořápce. V okamžiku snesení vejce, kdy dojde k jeho ochlazení z teploty těla nosnice na teplotu prostředí, se obě podskořápkové blány na tupém konci vejce oddělí v důsledku smrštění vaječného obsahu a vznikne vzduchová komůrka. Výška vzduchové bubliny je u čerstvých vajec po snesení a ochlazení 2 – 3 mm. Vzduch z této komory dodává kyslík pro vyvíjející se plod, zejména v období líhnutí. [10, 11, 18]

2.1.4 Skořápka

Tvoří pevný obal vejce. Vzniká ze sekretu žláz sliznice vejcovodu. Základem skořápky je organická hmota – matrix, která je tvořena bílkovinnými vlákny kolagenové povahy. Vlákna tvoří pevnou síť prostupující celou skořápkou. Tato síť je vyplněna anorganickou hmotou, která je tvořena uhličitanem vápenatým (asi 96 %), uhličitanem hořečnatým a fosforečnanem vápenatým. Celou skořápkou prochází kolmo k povrchu trychtýřkovité kanálky, které spojují podskořápkové blány s povrchem skořápky. Na povrchu skořápky se nacházejí póry a umožňují výměnu plynů a vodní páry mezi vejcem a vnitřním prostředím. K výměně dochází pasivní difuzí. Množství pórů se pohybuje od 7000 do 17000 a jsou na skořápce rozloženy nerovnoměrně. Nejméně pórů je ve středu ostrého konce vejce, naopak nejvíce je na tupém konci, kde se nachází vzduchová komůrka.

Skládá se z těchto vrstev:

a) *bradavkovitá vrstva (stratum mamillarum)*

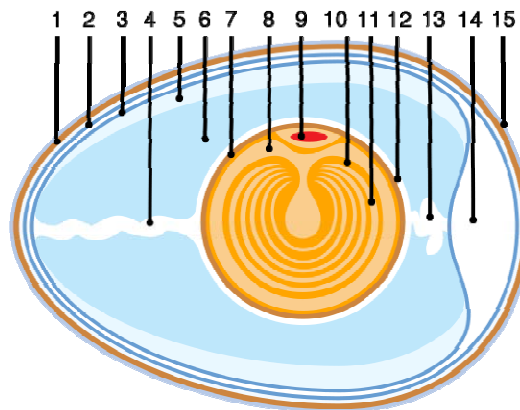
b) *houbovitá vrstva (spongiózní)*

Název houbovitá se odvozuje z dob, kdy nebyla ještě popsána struktura skořápky, ale bylo známo, že po rozpuštění anorganické hmoty (např. silnou kyselinou) zůstává organická hmota, jejíž struktura připomíná houbu.

c) *krystalická vrstva* [10, 11, 12]

2.1.5 Kutikula

Kutikula (vaječná blanka) je organického původu, velmi tenká a plastická vrstva, která pokrývá skořápkou a selektivně uzavírá póry ve skořápce. Zabraňuje vstupu mikroorganismů do vajíčka a je propustná pro plyny. Kutikula na povrchu skořápky vzniká až při snášení vajíčka. Tento sekret po vypuzení vejce do zevního prostředí rychle zasychá a tvoří tak vaječnou kutikulu. [18]



Obr.1. Podrobný popis vejce v podélném řezu.

1. skořápka, 2. vnější papírová blána, 3. vnitřní papírová blána, 4. poutko, 5. vnější řídký bílek, 6. hustý bílek, 7. žloutková blána, 8. výživný žloutek, 9. zárodečný terčík (tvořivý žloutek + zárodek), 10. tmavý (žlutý) žloutek, 11. světlý žloutek, 12. vnitřní řídký bílek, 13. poutko, 14. vzduchová komůrka, 15. kutikula [20]

3 VLASTNOSTI VAJEC

3.1 Chemické složení vajec

Vejce obsahuje všechny základní látky potřebné pro vývoj kuřecího zárodku. Hlavní složkou slepičino vejce je voda, která tvoří ve vaječném obsahu bez skořápky asi 74 % a nachází se především v bílku. Sušina je tvořena proteiny, lipidy, sacharidy, minerálními látkami a malým množstvím dalších organických látek, jako jsou vitamíny, enzymy, kyseliny, barviva, nízkomolekulární dusíkaté látky a další. Relativní zastoupení se mění podle podílu vaječných složek ve vejci, zastoupení základních komponent může kolísat v úzkém rozmezí podle podmínek vzniku vejce. Liší se u jednotlivých ptačích druhů. Mezi chemickým složením bílku a žloutku existují značné difference. To ovlivňuje nejen nutriční hodnotu jednotlivých částí vajec, ale i fyzikální a technologické vlastnosti a potravinářské využití vajec. [17, 21, 22, 23, 24, 25]

Tab. 1. Složení slepičího vejce v %. [21]

složky	celé vejce	skořápka a blány	bílek	žloutek
voda	65,6	1,6	87,9	48,7
sušina	34,4	98,4	12,1	51,3
proteiny	12,1	3,3	10,6	16,6
lipidy	10,5	stopy	stopy	32,6
sacharidy	0,9	stopy	0,9	1
minerální látky	10,9	95,1	0,6	1,1

Tab. 2. Složení lipidů celého slepičího vejce. [26]

látka (g)	množství v 1 vejci (hmotnost 59 g)
nasyčené mastné kyseliny	1,55
mononenasyčené mastné kyseliny	1,905
polynenasycené mastné kyseliny	0,682
cholesterol (mg)	231
fosfolipidy	1,38

Tab. 3. Základní chemické složení vaječného obsahu u různých druhů drůbeže v %. [12]

složky	slepice	kachna	krůta	husa
voda	73,6	73,7	69,7	70,6
sušina	26,4	26,3	30,3	29,4
proteiny	12,8	13,1	13,7	14
lipidy	11,8	11,7	14,4	13
sacharidy	1	0,7	1,2	1,2
minerální látky	0,8	0,8	1	1,2

3.2 Velikost a hmotnostní složení vajec

Z vnějších vlastností vajec se věnuje pozornost zejména velikosti vajec, jejich barvě a stavbě skořápky. Velikost vajec se vyjadřuje jejich hmotností. [12]

Tab. 4. Průměrná hmotnost vajec různých užitkových ptačích druhů. [12]

druh	hmotnost (g)
pštros	1520
husa	155
kachna	93
krůta	92
slepice	60
perlička	40
bažant	33
holub	17
křepelka	11

Hmotnost slepičího vejce je velmi proměnlivá a kolísá mezi 30 - 80 g. Existují i extrémní případy, kdy slepičí vejce vážilo pouze 10 g nebo až 320 g. Za standardní se pokládá vejce o hmotnosti 58 až 62 g.

Vejce jsou tříděna podle váhových tříd. Tento způsob třídění byl u nás zaveden během druhé světové války, v ostatních zemích byla vejce tříděna podle jakosti a prodávána podle hmotnosti. [12]

Tab.5. Hmotnostní třídění vajec. [7]

označení hmotnosti skupiny	hmotnost 1 vejce (g)	minimální hmotnost 100 kusů (kg)
XL velmi velká	73 a více	7,3
L velká	63 - 73	6,4
M střední	53 - 63	5,4
S malá	méně než 53	4,5

Velká vejce bývají často dvoužloutková. Velikost vajec ovlivňuje plemenná příslušnost nosnice, genetické faktory, staří nosnice, roční období, klimatické podmínky, výživa, pořadí vejce ve snáškovém cyklu, intenzita snášky a individualita nosnice. Vejce nosnic na začátku snášky jsou menší než vejce nosnic v plné snášce. Největší vejce jsou na jaře. V letním období jsou vejce menší vlivem vyšších teplot. Ke konci snáškového období se vejce zmenšují, neboť nosnice jsou unavené a vyčerpané. Nosnice snášejí vejce v pravidelných intervalech, které se cyklicky opakují. Jednu sérii tvoří 5 – 6 snesených vajec, pak následuje jednodenní odpočinek. V sérii bývá největší druhé vejce a nejmenší předposlední vejce. Nemá-li nosnice vyvážený poměr živin v krmivu, dochází k přerušení snášky i na několik dní. [12, 27]

Hmotnostní složení

Z vnitřních vlastností vajec je významný poměr zastoupení žloutku, bílku a skořápky (včetně podskořápkových blan). Poměr těchto složek je pro daný druh drůbeže charakteristický. Orientačně ho lze pro slepičí vejce vyjádřit poměrem skořápka : žloutek : bílek = 1 : 3 : 6.

Tab. 6. Poměr skořápky : žloutku : bílku u různých druhů drůbeže. [12]

druh	bílek (%)	žloutek (%)	skořápka (%)
husa	52,5	35,1	12,4
kachna	52,6	35,4	12
krůta	55,9	32,3	11,8
slepice	59,6	30,1	10,3
perlička	52,3	35,1	12,6

Poměry jednotlivých složek, zejména skořápky, se mohou významně lišit od hodnot uvedených v tabulce 6. U malých vajec je poměr bílku ku žloutku nižší než u velkých vajec. Podíl skořápky je u velkých vajec, vzhledem k hmotnosti, menší. V průběhu snášky se

s rostoucím stářím nosnice zvyšuje obsah žloutku, podíl bílku se příliš nemění a klesá podíl skořápky. [12]

3.3 Tvar vajec

Tvar vejce je dán poměrem příčné osy k ose podélné. Poměr os určuje, zda vejce má tvar oválný, kulovitý, podlouhlý nebo vejčité. Pro vejčité tvar je charakteristický ovál s jedním ostrým a jedním tupým koncem. Na tvar vejce mají vliv fyziologické faktory, např. tlak svalů vejcovodu při tvorbě vejce, objem vejcovodu, průchodnost vejcovodu, množství bílku apod. Tvar vejce je typický pro různá plemena a linie a je dědičný. Tvar vejce se vyjadřuje indexem tvaru, který je poměrem příčné osy l podélné osy a je vyjádřený v procentech: $I_t = b/a \cdot 100$.

Dokonale kulaté vejce by mělo index tvaru 100, vejce podlouhlé by mělo index tvaru 10. Standardní vejce klasického vejčitého tvaru má index 75, u běžných vajec kolísá index tvaru mezi 63 až 85. Pro průmyslové zpracování a balení jsou nejvhodnější vejce s indexem tvaru 70 – 80. Vejce s extrémními hodnotami I_t působí problémy při manipulaci a balení.

S tvarem vejce souvisí i povrch. U standardního vejce klasického tvaru ($I_t = 75 \%$) a hmotnosti (58 g) je povrch vejce 68 cm^2 a objem 53 cm^3 . [12]

3.4 Skořápka a její barva

Skořápka normálního vejce je hladká, u čerstvě sneseného vejce poloprůsvitná, u starších vajec se postupným vysycháním stává matnou. Je-li vyšší obsah vody (více než 29 %), je skořápka mramorovaná. Při vývoji skořápky může dojít k některým anomáliím. Její povrch může být zvrásněný nebo drsný s hrbolky uhličitanu vápenatého. Mohou se vytvořit dvě skořápky nebo naopak žádná. Vejce bez skořápky snášejí kuřice na začátku snášky nebo nosnice, kterým chybí ve výživě vápník a vitamin D. Důležitou vlastností skořápky je její pevnost. Pevnost souvisí se strukturou skořápky a s tloušťkou skořápky. Skořápka je tenčí v ekvatoriální rovině než na pólech vejce. Nejtlustší bývá na ostrém konci. Tloušťka skořápky kolísá od 0,30 do 0,42 mm. Při tloušťce nižší než 0,33 mm se zvyšuje pravděpodobnost rozbití. Během snáškového období se tloušťka skořápky snižuje. Skořápky s více póry jsou méně pevné. S rostoucí teplotou prostředí pevnost skořápky klesá. Vliv na pevnost skořápky má výživa, dědičnost, staří nosnice, některé choroby a stres.

Skořápka je velmi odolná proti působení mechanického tlaku, ale je křehká. Existuje úzký vztah mezi deformací skořápky a specifickou hmotností vejce.

Barva skořápky může být bílá nebo hnědá v odstínech od světle hnědé až po tmavě hnědou a je dána plemennou příslušností nosnice. Plemeno Aracuana má skořápku zelenou.

Pigmenty skořápky představují polykrystalické komplexy, které se ukládají v kutikule a ve vnitřní krystalické vrstvě. Patří mezi deriváty pyrolu. I bílá skořápka obsahuje malé množství pigmentu. Ukládání pigmentů ve skořápce probíhá v posledních pěti hodinách tvorby skořápky v děloze. Mezi faktory, ovlivňujícími barvu skořápky, patří délka snáškového období, tmavší vejce bývají na počátku i na konci snášky. K odbarvování skořápky dochází při mytí vajec desinfekčními prostředky na bázi aktivního chlóru.

Barva skořápky nesouvisí s nutriční hodnotou vajec, ale je důležitým obchodním faktorem. V současné době konzumenti v ČR, stejně jako v dalších evropských zemích, preferují vejce s hnědou skořápkou, v Asii, zejména pak v Japonsku, jsou naopak žádaná vejce s bílou skořápkou. Skořápka hnědých vajec bývá obvykle tlustší a pevnější než u bílých vajec. [11, 12, 15, 28]

3.5 Fyzikálně chemické vlastnosti

3.5.1 Měrná hmotnost

Měrná hmotnost (relativní hustota) vejce je definována jako poměr hmotnosti vejce ku objemu při konstantní teplotě. Měrná hmotnost se pohybuje v rozmezí 1,06 – 1,12 g.cm³ a závisí na tvaru vejce a tloušťce skořápky. Průměrná měrná hmotnost čerstvého vejce normálního tvaru je 1,095 g. cm³. Během skladování, v závislosti na teplotě, vlhkosti prostředí a době, se měrná hmotnost mění. Vzhledem ke ztrátám hmotnosti vejce je i měrná hmotnost nižší. Měrná hmotnost samostatného bílku a žloutku se mění jen málo. Průměrná hodnota pro bílek je při 25 °C 1,035 g.cm³ a pro žloutek 1,029 g. cm³. Měrná hmotnost skořápky je téměř dvojnásobkem měrné hmotnosti vaječného obsahu a kolísá v rozmezí 2,14 až 2,47 g. cm³. Na ostrém konci je vyšší než na tupém. Měrná hmotnost podskořápkových blan je 1,005 g. cm³. [12]

3.5.2 Bod mrznutí

Bod mrznutí bílku leží mezi $-0,442\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $-0,465\text{ }^{\circ}\text{C}$ (průměrná hodnota $-0,455\text{ }^{\circ}\text{C}$). Bod mrznutí žloutku se pohybuje mezi $-0,585\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $-0,617\text{ }^{\circ}\text{C}$ (průměrná hodnota $-0,601\text{ }^{\circ}\text{C}$). Bod mrznutí je ovlivněn úbytkem CO_2 . S kolísajícím obsahem CO_2 se zvyšuje, u bílku výrazněji než u žloutku. Největší změny nastávají v prvních 12 hodinách po snesení, kdy dochází k rychlému úbytku CO_2 . Následující změny probíhají pomaleji a závisí nejen na úbytku CO_2 , ale i změnách obsahu vody, k níž dochází difuzí mezi žloutkem a bílkem. Mezi obsahem vody, resp. sušiny a výší bodu mrznutí, existuje přímá závislost. [12]

3.5.3 Index lomu

Index lomu (refraktometrický index) závisí na koncentraci rozpustných látek ve žloutku a v bílku a lze ho využít při měření obsahu sušiny. Průměrné hodnoty při $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ jsou pro žloutek 1,4185 a pro bílek 1,3562. Tyto hodnoty se vztahují na čerstvá vejce. Stárnutím vajec se index lomu v jednotlivých složkách mění. [12]

3.5.4 Hodnota pH

Hodnoty pH jsou pro bílek a žloutek odlišné. U čerstvě sneseného vejce je pH bílku cca 7,6, pH žloutku 6,0. Během stárnutí vajec se uvolňuje CO_2 rozpuštěný v bílku a hodnota pH roste až na 9,7. pH bílku závisí na rovnováze mezi rozpuštěným CO_2 , hydrogenuhličitanovými a uhličitanovými ionty a proteiny. Koncentrace HCO_3^- a CO_3^{2-} je ovlivňován parciálním tlakem CO_2 v okolí vajec. Čím je prostředí více nasyceno CO_2 , tím více jsou potlačeny změny pH bílku (princip skladování v upravené atmosféře). Rychlost změn pH dále závisí na podmínkách skladování, zejména na teplotě. pH žloutku se mění během skladování podstatně méně a dosahuje hodnot 6,3 – 6,8. Nárůst souvisí se zvyšováním koncentrace amoniaku uvolňovaného z proteinu v průběhu stárnutí. [12, 18, 29]

3.5.5 Iontové vlastnosti

Iontová síla závisí na koncentraci různých iontů v roztoku: $I = 0,5$. Kde c_i jsou koncentrace jednotlivých iontů a z_i jejich mocností. Iontová síla hraje významnou roli při posuzování stability proteinů bílku v roztoku.

Žloutek i bílek mají různou koncentraci kladných i záporných iontů, ve žloutku převládají anionty, v bílku naopak kationty. V bílku se nachází vázaná i volná kyselina uhličitá. Hodnoty iontové síly jsou ve žloutku i v bílku poměrně stálé. [12]

3.5.6 Viskozita

Viskozita vaječných obsahů je významnou technologickou veličinou. Změny funkčních vlastností bílku a žloutku i strukturální změny vaječných proteinů ovlivňují průběh viskozity v závislosti na teplotě. Viskozita bílku a žloutku závisí na řadě faktorů – stáří vajec, teplotě, pH, měrné hmotnosti, obsahu vody a namáhání (stříhových silách). Na viskozitu žloutku má vliv podíl bílku, kterým je žloutek kontaminován při vytloukání. Viskozita slouží jako indikátor změn koloidního systému, zejména při zahřevu (např. pasteraci). U obnovených zmrazených nebo sušených hmot se objevuje pseudoplastické chování a tixotropie. Viskozita je vyšší než u nativních hmot. Pasterované vaječné hmoty mají naopak nižší viskozitu než nativní hmoty. Relativní viskozita žloutku je asi 8x vyšší než viskozita bílku. S porovnáním s vodou lze vztah charakterizovat následovně: voda 1, bílek 53, žloutek 440. [12, 30]

3.5.7 Povrchové napětí

Proteiny a fosfolipidy vaječného žloutku snižují povrchové napětí a mezifázové napětí, což je podstatou emulgačních schopností žloutku. Zředění žloutku vodou způsobuje významné změny jeho emulgačních vlastností. Povrchové napětí vaječné melanže mírně klesá při pasteraci a též při následném zmrazování. [12]

3.6 Funkční vlastnosti vajec

Funkčními vlastnostmi vajec se rozumí ty schopnosti, které jsou využitelné při výrobě a přípravě potravin. Patří mezi ně především:

- 1) tvorba gelu
- 2) tvorba pěny
- 3) emulgační vlastnosti
- 4) zvyšování nutriční hodnoty (tzv. funkční potraviny).

Mimo to vejce přispívají i k barvě potravin, chuti a vůni a k potlačování krystalizace.

Ačkoli dnes existuje řada aditiv, zejména různých polysacharidů a proteinů, kterými lze docílit podobné účinky, jedná se vždy o monofunkční látky, které nikdy nemohou plně nahradit tak polyfunkční systém, jakým je vejce. Vejce se uplatňují při výrobě řady nej-různějších potravin a pokrmů.

Funkční vlastnosti vajec jsou ovlivňovány plemenem (linií) a stářím nosnice, stářím vajec a především způsobem zpracování vajec (pasterací, mražením, sušením atd.). [12]

3.6.1 Tvorba gelu

Denaturace je proces, při kterém proteiny a polysacharidy přecházejí z uspořádaného stavu do stavu neuspořádaného, kdy se kovalentní vazby, s výjimkou disulfidových můstků, rozpadají a tvoří se nová trojrozměrná struktura - gel. K denaturaci dochází záhřevem, šlehaním, mícháním, adsorpcí na fázovém rozhraní a chemickou cestou, např. vlivem organických rozpouštědel a dalších látek.

Při **agregaci** dochází k interakci mezi proteiny, která vede k tvorbě komplexů o velké molekulové hmotnosti.

Koagulace je jedna z forem agregace, při níž převažují interakce mezi dvěma polymerními molekulami nebo polymerem a rozpouštědlem. Koagulát je většinou kalný. Proteiny bílku denaturují při různé teplotě a mají různý sklon ke koagulaci.

Koagulace vaječných bílkovin teplem je jednou z limitujících vlastností při pasterizaci vajec. Při pasteraci musí být zachována emulgační vlastnost (šlehatelnost) pasterovaného produktu používaného například při výrobě pečiva.

Při uspořádané agregaci proteinů se tvoří trojrozměrná síťovitá struktura – gel. Gely mohou být kalné nebo čiré. Tvorba gelu je ovlivňována řadou faktorů. Nejvýznamnějším je teplota. Koagulační teplota je ovlivňována pH. Nejvyšší koagulace je v blízkosti izoelektrického bodu. Nejvíce termorezistentní jsou proteiny v neutrálním prostředí (mimo ovotransferin, který je nejméně termorezistentní při pH 6). Vaječný bílek začíná koagulovat při 62 °C a vaječný žloutek při 65 °C, teplota koagulace je ovlivněna pH. [12, 29, 30]

4 ČERSTVOST A KVALITA

Spotřebitel vyžaduje, aby vejce mělo vysokou nutriční hodnotu, charakteristické smyslové znaky a bylo zdravotně nezávadné. Tyto požadavky většinou se ztotožňují s čerstvostí. Na výše uvedené znaky má však vliv nejen stáří vejce, ale i podmínky skladování.

U pojmu čerstvost vejce je nutno rozlišovat biologickou čerstvost a obchodní čerstvost.

Biologická čerstvost je charakterizována schopností vývoje zárodku ve vejci a za příznivých podmínek skladování může být uchována několik dní. Obchodní čerstvost vyjadřuje vhodnost vejce pro použití na potravinářské účely. Je obtížně stanovitelná, protože od okamžiku snesení probíhají ve vejci nevratné změny, které snižují jeho biologickou hodnotu. Při volbě vhodných vnějších podmínek lze tyto změny zpomalit, čímž se prodlužuje obchodní čerstvost. Naopak při skladování v nevhodných podmínkách se může potravinářská hodnota vejce velmi rychle zhoršit již během několika dní. Je tedy velmi obtížné stanovit čas, kdy lze vejce ještě považovat za čerstvé a plnohodnotné a všechny používané způsoby hodnocení mají pouze omezenou vypovídající schopnost.

Dle legislativy (ČSN 57 2109) je stanovena minimální trvanlivost konzumních skořápkových slepičích vajec 28 dní ode dne třídění za předpokladu skladování při teplotách 5 až 18 °C, což představuje obchodní čerstvost 28 – 32 dní.

Vhodnost vejce pro potravinářské účely je dána některými kvalitativními ukazateli, na něž má vliv doba a způsob skladování (tzv. stárnutí) a též výskyt vad, které se zjišťují smyslově a při prosvětlování. O prosvěcování vajec jsou zprávy už ze 17. století.

Dále tuto problematiku upravují následující předpisy:

- Nařízení komise č. 598/2008 ze dne 24. června 2008, kterým se mění nařízení č. 589/2008 ze dne 23. června 2008, kterým se stanoví prováděcí pravidla k nařízení Rady č. 1234/2007, pokud jde o obchodní normy pro vejce.
- Nařízení komise č. 435/2007 kterým se pozměnilo Nařízení č. 1010/2006 o některých výjimečných opatřeních na podporu trhu s vejci a drůbeží v některých členských státech.
- Vyhláška č. 128/2009 Sb., o přizpůsobení veterinárních a hygienických požadavků pro některé potravinářské podniky, v nichž se zachází se živočišnými produkty.
- Vyhláška č. 169/2009 Sb., kterou se mění vyhláška č. 326/2001 Sb., kterou se provádí § 18 písm. a), d), g), h), i) a j) zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabáko-

vých výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů, pro maso, masné výrobky, ryby, ostatní vodní živočichy a výrobky z nich, vejce a výrobky z nich, ve změně vyhlášky č. 264/2003 Sb. [2, 11, 12, 13, 21, 31]

4.1 Skladování vajec

Dle normy se vejce skladují ve vzdušných, čistých skladech s nekolísavou teplotou. Vejce nesmí být vystavena přímému účinku slunečních paprsků a tepelných zdrojů. Ve skladu vajec nesmí být skladováno aromatické zboží. Teplota ve skladech nesmí překročit 18 °C a nesmí klesnout pod 5 °C.

Norma ČSN umožňuje až maximální teplotu 18 °C k uchovávání vajec. Toto je však teplota vhodná již k rychlému rozmnožování bakterií včetně salmonel, proto je nanejvýš doporučitelné uchovávat i prodávat vejce při nižších teplotách.

Vejce nesmí v chladírenském prostředí zmrznout. Hlavním kritériem z hlediska relativní vlhkosti vzduchu při uchovávání vajec je udržet ji nižší než 80 %. Vyšší relativní vlhkosti mají výrazný vliv na pronikání salmonel vaječnými strukturami.

Hlavním kritériem pro uchovávání konzumních vajec je omezit na nejnižší míru přenesení vajec z prostředí s chladírenskou teplotou do prostředí s vyšší teplotou. Maximální hodnota teplota pro uchovávání vajec je podle normy ČSN 57 2109 18 °C. Omezit přenesení vajec s teplotou do 18 °C do prostředí s chladírenskou teplotou nebo teplotou kolem 0 °C. Teplotou pod 0 °C je ovlivněna negativně jakost vajec (pokud již vejce zmrzne), ale tato teplota nemá žádný vliv na životnost salmonel na povrchu skořápek nebo uvnitř vajec. [7, 32, 33]

4.2 Změny při stárnutí

Změny vajec jsou ovlivněny nejen stářím vajec, ale též způsobem jejich uchovávání. Vliv teploty a doby skladování na některé z výše uvedených faktorů ilustruje tabulka 7.

Tab. 7. Kvalita vajec po 28 dnech skladování při různých teplotách. [12]

parametr	7 °C	22 °C
hmotnost vejce (g)	58,8	56,3
výška hustého bílku (mm)	5,35	2,75
Haughova jednotka	72,9	44,1
hustý bílek (%)	100	9
prasklý žloutek (%)	0	17

4.2.1 Úbytek hmotnosti

Od okamžiku snesení dochází k odpařování vody z vejce, což se projevuje jako úbytek hmotnosti. Vaječné obaly propouští vodní páru a plyny, jako oxid uhličitý, amoniak, dusík a sirovodík, které jsou zplodinami pozvolného chemické rozkladného procesu. Velikost hmotnostního poklesu u vajec po snášce závisí na propustnosti vaječných obalů, množství pórů, na teplotě a vlhkosti prostředí, popř. na rychlosti proudícího vzduchu. Menší vejce mají relativně větší povrch a vysychají více. Vejce s vyšším podílem tuhého bílku vysychají poněkud méně než vejce s bílkem zředlým. Kachní vejce vysychají o 20 – 30 % méně než slepičí. Vysvětluje se to menší pórovitostí skořápek kachních vajec a větší tuhostí jejich vaječných blan. Největší vliv na vysychání vajec má teplota prostředí a vlhkost. [12, 15, 18]

4.2.2 Vzduchová komůrka

Vysycháním vejce se zmenšuje objem vaječného obsahu, a tím dochází ke zvýšení vzduchové bubliny. Její objem se zvětšuje rovnoměrně, ale později při dalším vysychání vejce se šířka i výška bubliny zvětšuje pomaleji. Intenzita změn závisí na teplotě. Výška vzduchové bubliny je jedním z kritérií při třídění vajec do jakostních tříd. V souvislosti s úbytkem hmotnosti a zvětšováním vzduchové bubliny se snižuje i měrná hmotnost vejce. Z tohoto jevu vychází i nejjednodušší metoda posuzování stáří vejce, tzv. *hydrometrická metoda*, založená na tom, že čerstvé vejce v nádobě s vodou nebo fyziologickým roztokem klesne ke dnu, během stárnutí se vznáší (vzduchová bublina směřuje nahoru) a staré vejce plave na hladině. Chlazením vajec se velikost vzduchové komůrky zvyšuje pomaleji než při vyšších teplotách. Její výška je jedním z ukazatelů čerstvosti vajec. [12, 18]

4.2.3 Žloutek a bílek

Změny žloutku jsou vázány na difuzi vody. Působením osmotického tlaku přechází z bílku do žloutku voda a to již v době tvorby vajec ve vejcovodu. Po snášce tento proces pokračuje, a to tím rychleji, čím je vyšší teplota prostředí, v němž je vejce uloženo. Pronikáním vody z bílku do žloutku zvětšuje žloutek svůj objem. Žloutková membrána se přitom ztenčuje, a ztrácí pevnost, elasticnost a natahuje se. V průběhu skladování dochází k zeslabování žloutkové membrány. Zeslabování je způsobeno strukturálními změnami, zejména rozpadem proteinových komplexů (např. komplexu lysozymu s ovomucinem). Při vyšší teplotě je tento proces rychlejší. Žloutková membrána se ztenčuje také mechanickým napínáním při zvětšování objemu žloutku. Žloutek při řednutí bílku zvětšuje svůj objem a dostává se ze střední polohy ke skořápce – při prosvětlení je viditelnější. Po vylití vaječného obsahu na misku se takový žloutek více roztéká, je nižší a zaujímá větší plochu než vypouklý žloutek čerstvého vejce.

Objem žloutku se může zvětšovat tak dlouho až zeslabená žloutková blána již další napínání nesnese a praská, hlavně při vytloukání vejce. Je-li index žloutku menší jak 25, pak již žloutková membrána zpravidla praská. Následkem vnitřních změn ve vaječném obsahu se mění ve vejci podíl bílku a žloutku. Z bílku vysychá voda a kromě toho ještě proniká následkem rozdílného osmotického tlaku z bílku do žloutku. Tento přechod vody z bílku do žloutku pokračuje tak dlouho, až se nakonec vyrovná obsah sušiny mezi bílkem a žloutkem. Při dalším vysychání vaječného obsahu již přechází voda ze žloutku zpět do bílku. To se však děje jen u nadměrného vysychání vejce. Přechodem vody z bílku do žloutku se zhoršuje vnitřní jakost vejce vyjádřená indexy bílku a žloutku.

Ačkoli zdánlivě bílek řídne, což je způsobeno rozpadem struktury hustého bílku. Obsah vody klesá a roste sušina. Naopak ve žloutku se zvyšuje obsah vody a klesá sušina.

Po snesení vejce se obsah tuhého bílku zmenšuje a zvětšuje se obsah bílku řídkého. Intenzita řednutí bílku závisí na pH bílku. Vlhkost prostředí nemá vliv na řednutí bílku. Proces řednutí bílku se vysvětluje hlavně tím, že mucinová vlákna vaku tuhého bílku ztrácejí při snížení koncentrace oxidu uhličitého schopnost poutat koloidně vodu a postupně uvolňují z koloidní gelové vazby mucin, který přechází do řídkého bílku. Mění se i struktura chalázového bílku, klesá jeho pevnost a pružnost a dochází tím k vychýlení žloutku ze středu, často až ke skořápce. Rychlost změn závisí na teplotě. S rostoucí teplotou se zvyšuje propustnost žloutkové membrány. Obsah a stav hustého bílku má význam při posuzování jakosti vajec. [12, 18]

4.2.3.1 Index bílku

Síťovitá struktura (gel) tvořená vlákny ovomucinu se rozpadá a uvolňuje se koloidně vázaná voda, což se projevuje řidnutím bílku. Tyto změny se charakterizují měřením výšky hustého bílku a tzv. indexem bílku $I_b = V/\check{S}$, který je poměrem výšky (V) hustého bílku k jeho průměrné šířce (\check{S}). Tento vztah byl později modifikován na exponenciální rovnici:

$$I_b = V/G^{0,5} - (30 W^{0,37} - 100),$$

kde V = výška hustého bílku (mm)

G = konstanta 32,2

W = hmotnost vejce (g).

Obecně vyšší hodnoty indexu bílku jsou u vajec čerstvých, vajec vyšší kvality a vajec slepic chovaných na podestýlce. U čerstvě sneseného vejce je vrstva hustého bílku zřetelná, během stárnutí se ztenčuje a dochází k jeho rozlévání do šířky. [12, 18]

4.2.3.2 Haughovy jednotky (HU)

Při hodnocení jakosti vajec se používá Haughových jednotek. Výpočet HU vychází z výšky hustého bílky a hmotnosti vejce. Hodnota HU se vypočte z rovnice, v níž ostatní parametry korigují výpočet tak, aby se vztahoval na vejce o hmotnosti 60 g. Pro výpočet HU existuje několik vztahů, nejběžněji se používá následující rovnice:

$$HU = 100 * \log (H - 1,7 W^{0,37} + 7,6),$$

kde H = výška hustého bílku (mm)

W = hmotnost vejce (g)

Vejce jakostní třídy A extra musí mít HU vyšší než 72, čerstvá vejce jakostní třídy A by měla mít HU 60 – 72 a vejce jakostní třídy B musí mít HU nižší než 60, ale pokles k hodnotám okolo 40 již znamená vejce velmi nízké kvality (nevhodné ke konzumu). Dnes se k měření výšky hustého bílku používají přístroje, které zároveň vejce zváží a provedou výpočet HU. [12]

4.2.3.3 Index žloutku

Obdobou indexu bílku je index žloutku I_z , který je poměrem výšky žloutku k jeho šířce. Během stárnutí vejce hodnoty I_z klesají. Index žloutku se používá méně často než index bílku.

V poslední době se jako kritérium stárnutí žloutku používá měření indexu lomu žloutku. Žloutek úplně čerstvého vejce po rozbití a vylití vaječného obsahu na vodorovnou podložku má téměř polokulovitý tvar. Čím je vejce starší, tím je žloutek nižší a širší. Jeho tvar je závislý na pevnosti a elasticnosti žloutkové membrány, která se stárnutím snižuje. Proto žloutek starších vajec je nižší a má i nižší index tvaru. Má nejčastěji výšku 12 – 17 mm a šířku 32 – 42 mm. Index žloutku se pohybuje v hodnotách 32 – 58 %. Jeho průměrná hodnota je 46 %. [12, 18]

4.2.4 pH a chemické změny

Vedle ztrát vody se z vejce uvolňuje též oxid uhličitý, který je rozpuštěný v bílku. V prvních hodinách po snášce je únik oxidu uhličitého největší. Čím je vyšší teplota, tím rychleji se CO_2 uvolňuje až do dosažení rovnovážného stavu koncentrace CO_2 v bílku a okolním prostředí. V důsledku ztráty CO_2 se zvyšuje pH bílku až na hodnotu 9,6 a dochází ke změnám ve struktuře hustého bílku. Bílek má ihned po snesení hodnotu pH 7,6. Během několika dní po snesení se hodnota pH mění na pH 9,3 – 9,6. Při pH nad 8 je pěna bílku trvanlivější, šlehání bílku však trvá déle.

V průběhu stárnutí dochází i k chemickým změnám ve vaječném obsahu. U proteinů se mění struktura nejčastěji tvorbou disulfidových můstků. N-ovoalbumin přechází na S-ovoalbumin, klesá obsah frakce A1 a roste obsah A2 a A3. Vznikají komplexy lysozymu s ovotransferinem, ovomucinem, ovoalbuminem a ovomakroglobulinem. Zvyšuje se obsah volných aminokyselin, zejména kyseliny glutamové, prolinu, leucinu, serinu, glycinu a methioninu. Volné aminokyseliny difundují ze žloutku do bílku. Tvoří se též další nízkomolekulární dusíkaté sloučeniny, např. purinové báze, močoviny, kyselina močová a amoniak. Z bílku se amoniak uvolňuje do okolí, ve žloutku se hromadí, což má za následek zvýšení pH žloutku až na 6,8. Ve starých vejcích se koncentrace amoniaku ve žloutku pohybuje mezi 3,3 až 9,0 mg / 100 g, po překročení hranice 9 mg přestává být žloutek vhodný pro potravinářské účely. Obsah močoviny je u čerstvých vajec asi 3 mg/kg, během stárnutí roste až na 40 mg / kg. Fosfor difunduje do bílku ze žloutku, kde vzniká rozkladem

fosfoproteinů a fosfatidů. U vajec starších než 8 dní se obsah fosforu bílku zvyšuje až na 0,5 mg / 100 ml a po 4 měsících skladování v chladu obsahuje bílek 1 – 2 mg P / 100 ml. Znakem stárnutí vajec je též tvorba organických kyselin. Za kvalitativní znak a též za kritérium mikrobiální nezávadnosti byl stanoven obsah kyseliny mléčné a jantarové, které se tvoří v bílku i ve žloutku. Z aminokyseliny lysinu vzniká Maillardovou reakcí 2 – furoylmethyllysin (furosin), který byl rovněž navržen za kritérium stáří a kvality. Ve vejcích jakostní skupiny A extra by neměl přesáhnout maximální množství 60 mg / 100 g, ve vejcích jakostní skupiny A 90 mg / 100 g. [12, 29, 30, 34]

4.2.5 Barva

Během stárnutí se mění též barva bílku i žloutku. Bílek mění původní nazelenalý odstín na žlutý. U žloutku se objevuje tzv. mramorování, které je způsobeno nerovnoměrným rozložením pigmentů v důsledku změn koncentrace vody. Stárnutím vejce se mění i vzhled skořápky, např. nerovnoměrné rozložení vlhkosti se projevuje skvrnitostí skořápky. [12, 18]

4.2.6 Vůně a chuť

Čerstvé vejce má charakteristickou chuť a vůni. Typickou vaječnou vůni si vejce uchovává jen krátkou dobu po snášce, zpravidla během jednoho nebo dvou týdnů ji ztrácí vlivem vnitřních změn ve vaječném obsahu. Při vyšší teplotě ztrácí svou původní vůni a chuť dřívě. Později se vyvíjí ve vaječné hmotě, a to buď z jiných látek, nebo z obalového materiálu.

Pro spotřebitele jsou jedním z hlavních ukazatelů stárnutí vajec změny chuťových vlastností. [12, 18]

4.3 Kvalitativní znaky

V tabulce jsou shrnuta nejvýznamnější kritéria kvality, která se sledují u vajec.

Tab. 8. Kriteria kvality vajec. [7, 12]

Charakteristika	Parametr
Vnější kvalita	
Velikost (hmotnost)	hmotnost vejce
Tvar	tvar, I_t
Barva	barva skořápky
Skořápka	procentuální zastoupení tloušťka pevnost elastická deformace měrná hmotnost
Vnitřní kvalita	
Čerstvost	výška žloutku výška hustého bílku index bílku a HU index žloutku pevnost žloutkové membrány hodnota pH
Tvar	tvar, I_t
Viskozita	viskozita
Tvorba emulze	emulzní kapacita
Tvorba pěny	šlehatelnost trvanlivost pěny pevnost pěny
Pekařská kvalita	piškot – objem, množství a distribuce pórů
Barva žloutku	barevná intenzita a odstín
Chuť, vůně, barva	celková přijatelnost
Nutriční hodnota	složení vejce

Vejce se člení do dvou jakostních tříd (I. a II.). Do I. jakostní třídy se řadí čerstvá vejce jakostní skupiny A a A extra. Vejce jakostní podskupiny A musí být tříděna nejpozději 4. den po snášce, skladovaná při teplotách 5 až 18 °C a prodávána jako čerstvá maximálně 28 dní, z čehož čerpá obchod 21 dní a spotřebitel ještě dalších 7 dní. Vejce jakostní podskupiny A extra musí být tříděna nejpozději 3. den po snášce. Jako A extra mohou být vejce uvedena na trh pouze 7 dní ode dne třídění se zřetelným označením „A extra“. Po této

době je nutno označení odstranit a zařadit tato vejce do jakostní skupiny A. Ostatní zásady jsou stejné jako pro vejce A. Do jakostní třídy II. se řadí vejce jakostní skupiny B. Tato vejce mohou být čerstvá i chladiřenská nebo konzervovaná a nemusí se hmotnostně třídít. Používají se většinou na zpracování.

V tabulce 9 jsou uvedeny požadavky pro jednotlivé jakostní třídy. [7, 12]

Tab. 9. Požadavky pro jednotlivé třídy jakosti. [12, 35]

Ukazatel	I. třída jakosti		II. třída jakosti
	čerstvá vejce A extra	čerstvá vejce A	vejce B
skořápka	čistá, nepoškozená, normálního tvaru		slabé znečištění a deformace jsou přípustné
vzduchová bublina	výška < 4 mm	výška < 6 mm	max. 9 mm, pohyblivá max. do poloviny vejce
žloutek	nezřetelně viditelný, kulatý, ve středové poloze		viditelný, slabě zploštělý
bílek	průhledný		průhledný
zárodek	vývoj nepostřehnutelný		vývoj nepostřehnutelný
cizí tělíška	nepřípustná		nepřípustná
vaječný obsah	bez cizího pachu		bez cizího pachu
přípustné odchylky	7 %		7 %

4.4 Vady vajec

Vady vajec se zjišťují při třídění, vizuálně a prosvěcováním. Vizuálně se vejce posuzují podle zjevných vnějších znaků, prosvěcováním podle vnitřních znaků.

Mezi vnější vady patří špinavá skořápka a její porušenost. Skořápka musí být čistá, přípouští se pouze mírné znečištění na max. 1/8 plochy skořápky. Za zjevné vady skořápky se pokládají viditelné praskliny, abnormální struktura a vysoká poréznost. Vejce s rozbitou skořápkou i porušenými podskořápkovými blánami se nesmí používat k potravinářským účelům. Vejce s menšími prasklinkami skořápky, ale s nepoškozenými podskořápkovými blánami a vejce s deformacemi skořápky se mohou použít na výrobu vaječných hmot. Za vadná se považují též vejce, u nichž se částečně nebo úplně nevytvořila skořápka.

ČR si přísně hlídá kvalitu vajec, jak tuzemských, tak dovezených. Jestliže dovezená vejce ze zahraničí nevyhovují jakostním požadavkům uvedených v platné normě ČSN 57 2109, neváhá SVS ČR vrátit zásilku zpět producentovi.

Vnitřní vady vajec se dělí na vady mechanické, biologické a mikrobiologické. Mezi vady mechanické patří drobné praskliny a trhliny ve skořápce, které nejsou viditelné při běžné prohlídce, ale až při prosvěcování. Takováto vejce se nehodí na skladování, ale je možno je zpracovat na vaječné hmoty. Biologickými vadami se rozumějí vady, k nimž došlo při tvorbě vejce. Patří mezi ně i abnormální složení vejce, např. vejce bez žloutku, se 2 žloutky nebo bez skořápky.

Při prasknutí folikulu mimo stigmata zůstává na žloutku krvavá skvrna. Krvavý kroužek značí, že se jedná o oplodněné vejce s vyvíjejícím se zárodkem. Pokud se při tvorbě bílku utrhne kousek výstelky vejcovodu a zabuduje se do bílku, nazývá se tento jev masová skvrna. V bílku se mohou nacházet i cizí tělíška, např. kamínky, sláma, peří apod., která vnikla do vejcovodu při abnormální změně peristaltiky. Vejce s těmito vadami (krevní nebo masová skvrna větší než 2 mm) jsou nepoživatelná a mohou se zpracovat pouze na technické účely.

Zajímavostí je, že v jiných koutech světa, např. v jihovýchodní Asii, zejména na Filipínách, je nejoblíbenější pochoutkou tzv. balut. Jsou to kachní vejce, která jsou nasezená do 16. až 18. dne a pak po 10 minutovém vaření se dodávají na trh. Některé africké a arabské národy pojídají téměř výhradně vejce jen „s masem“, tj. s vyvinutým zárodkem.

Mikrobiální vady jsou velmi zášlepné. Počátek mikrobiálního rozkladu nelze při prosvěcování objevit. Při masivním pomnožení mikroorganismů dochází k rozkladu vaječné hmoty, zejména k proteolýze, který bývá označován jako „hniloba“. Hlavní původci jsou různé bakterie, zejména *E. coli*, *Proteus*, *Pseudomonas*, psychrotrofní bakterie a plísň. Hniloby se projevují pachem, někdy tvorbou sirovodíku, změnou konzistence a barvy. Tyto změny jsou již při prosvěcování viditelné a vejce v tomto stádiu rozkladu musí být zlikvidována. Velmi nepříjemným původcem mikrobiálních vad jsou plísň, které, zejména ve vlhkém prostředí a při orosení vajec, rostou na skořápce a póry pronikají do vaječného obsahu, kde tvoří tmavé skvrny rovněž zjistitelné prosvěcováním. Zároveň vzniká charakteristický „plísňový“ zápach. Zdrojem plísni bývají často vlhké obaly. [7, 11, 12, 36]

5 MIKROBIOLOGIE VAJEC

5.1 Kontaminace

K mikrobiální kontaminaci vajec dochází buď z vnějšího prostředí průnikem přes skořápku (tzv. exogenní kontaminace) nebo z těla nemocné nosnice krevní cestou (tzv. endogenní kontaminace). Na rozsah mikrobiálního znečištění vajec má vliv především zdravotní stav chovu a úroveň hygieny prostředí i osob.

Původci endogenní kontaminace bývají obvykle patogenní mikroorganismy, především bakterie a viry. Patří mezi ně např. *Staphylococcus aureus*, *Pasteurella haemolytica*, *Clostridium perfringens*, mykobakterie, *Campylobacter jejuni*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella spp.*, původci infekční bronchitidy, ptačí encephalomyelitis a další. Tímto způsobem bývá infikováno 6 – 9 % vajec.

Více rozšířená je exogenní kontaminace, která závisí na čistotě prostředí. Na skořápce bývá řádově 10^3 až 10^8 mikroorganismů. Nejvíce bývají kontaminovány skořápky vajec z volných chovů pak z chovů podestýlkových a nejméně z klecových chovů. Prevence proti kažení vajec spočívá v jejich uchovávání při co nejnižších teplotách a to chladírenském skladování při 0 až 5 °C. Při uchovávání skořápkových vajec při teplotě místnosti (asi 23 až 25 °C) se na jejich mikrobiálním kažení účastní převážně rod *Pseudomonas* a jiné gramnegativní bakterie. Poškozená vejce jsou na mikrobiologické kažení obzvláště náchylná (prasklá skořápka, znečištěný povrch).

Největší nebezpečí hrozí u čerstvě sneseného vejce, majícího ještě vlhkou a lepivou kutikulu s dosud nedotvořenou zrníčkovou strukturou. Na ni se nalepí nečistoty z prostředí, např. prach, kousky podestýlky, hlína, trus, peří, krev a vaječné obsahy. Tyto nečistoty jsou zdrojem i ochranným prostředím pro mikroorganismy, které pak pronikají přes póry skořápky do vaječného obsahu. Zdrojem kontaminace jsou též hlodavci, hmyz a v neposlední řadě i lidé. Většina mikroorganismů z prostředí patří mezi nepatogenní saprofytickou mikroflóru, ale vyskytují se zde i patogenní mikroorganismy např. *Salmonella spp.*, *Yersinia enterocolitica*, *Campylobacter jejuni*, *Schigella*, *Cytrobacter*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens*, *Escherichia coli* atd. Kromě bakterií se na skořápkách nacházejí i kvasinky a plísně.

Mikroorganismy jsou schopny zůstat na skořápkách vitální poměrně dlouhou dobu, která závisí na podmínkách skladování. V chladném a vlhkém prostředí přežívají déle než v tep-

lém a suchém prostředí. Např. buňky *Campylobacter jejuni* přežily 22 – 24 °C a relativní vlhkosti 50 – 55 % pouze 34 hodin, zatímco při teplotě 4 – 7 °C a relativní vlhkosti 78 – 80 % více než 10 dnů. Penetraci mikroorganismů do vaječného obsahu podporují následující faktory: silné znečištění skořápky, poškození kutikuly, mytí, praskliny a defekty skořápky, vysoká koncentrace mikroorganismů, vysoká teplota skladování a velký teplotní gradient mezi teplotou uvnitř vejce a teplotou okolí, vysoká relativní vlhkost vzduchu, orosení skořápky, délka skladování a nečisté obaly.

Patogenní i nepatogenní mikroorganismy produkují enzymy, které rozkládají složky vaječného obsahu, zejména proteiny a lipidy. [12, 29]

5.1.1 Salmonela

V souvislosti s vejci se lidé nejvíce obávají onemocnění salmonelózy, které způsobují pohyblivé, gramnegativní bakterie. Salmonel je zhruba 2000 kmenů a z nich cca 100 způsobuje nemoci u lidí. Symptomy gastroenteritidy vyvolané salmonelami se projevuje za 8 – 24 hodin po orální infekci. Salmonely jsou poměrně odolné bakterie. Minimální teplota růstu je 2 – 6 °C, optimální 37 – 43 °C. K vysokým teplotám jsou citlivé, spolehlivě hynou po 10 minutovém záhřevu při 70 °C. Minimální pH umožňující růst salmonel je 3,8, optimální 7,0 a maximální 9,0. Salmonely jsou rovněž značně odolné vůči sušení, mražení, solení a uzení. V poslední době se na celém světě i v ČR stala vážným ekonomickým i zdravotním problémem onemocnění způsobená salmonelami. Převažující většinu hlášených případů v ČR tvoří v poslední době sérovary *Salmonella enteritidis*, která převažuje i v Evropě, ale ne tak výrazně jako v ČR.

Z vajec bylo izolováno několik kmenů salmonel, z nichž nejnebezpečnější jsou *Salmonella typhimurium*, *S. enteritidis*, *S. infantis*, *S. thompson*, *S. montevideo*, *S. lichtfield*. Tyto kmeny jsou patogenní pro člověka, avšak u slepic nezpůsobují smrtelné případy. Nosnice infikované těmito kmeny salmonel vykazují normální snášku a přenášejí infekci do vajec. *Salmonella pullorum* naproti tomu způsobuje i smrt nosnic.

Procento salmonel ve vejcích v minulosti stoupalo, např. v roce 1982 bylo v ČR 121 případů, v r. 1989 – 334 případů a v r. 1990 již 381 případů na 100 000 obyvatel. Od roku 1999 do roku 2008 je vývoj v ČR zaznamenán v grafu (obr. 2). Z grafu je patrné, že procento salmonelóz klesá. V současné době v ČR běží 3 programy na tlumení salmonel, a to v reprodukčních chovech, v chovech nosnic pro produkci konzumních vajec a v chovech brojlerů.



Obr. 2. Dynamika kampylobakteriémie a salmonelózy v ČR v letech 1999 – 2008. [37]

Světová zdravotnická organizace (WHO) vydala pro konzumenty doporučení, jak se chránit před salmonelami. Některá se týkají i vajec, pro které platí následující zásady:

- Vařit vejce dostatečně dlouho. Nebezpečná jsou vejce s tekutým žloutkem vařená „na měkko“ nebo sázená („volská oka“), neboť po 5 minutách záhřevu dosáhne vnitřní teplota ve žloutku pouze 40 – 43 °C.
- Nekonzumovat vejce syrová, ani pokrmy ze syrových nepasterovaných vajec (krémy, zmrzliny, likéry, omáčky, majonézy).
- Uchovávat vejce při chladírenských teplotách.
- Zabránit křížové kontaminaci, při níž se přenáší salmonela ze skořápek nebo vaječných obsahů rukama, kuchyňskými nástroji, nádobím a zařízením.

Z praktického hlediska se může říci, že pasterací se devitalizovaly „všechny“ salmonely. Z potravinářsky mikrobiologického hlediska se za salmonelo-negativní považuje takový vaječný produkt, ve kterém se v 25 g průměrného vzorku nedokáže, předepsanou citlivou metodou, žádná salmonela. [12, 26, 29, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE

Cílem diplomové práce s názvem „*Změny jakostních parametrů vajec během skladování*“ bylo zjistit a vyhodnotit změny různých parametrů u slepičích vajec:

1. Formou literární rešerše zpracovat téma o vejcích. Jaké jsou jejich obecné charakteristiky, složení, kvalita a jaké nastávají změny během skladování.
2. Laboratorním zpracováním vzorků vajec zjistit změny jejich vnějších i vnitřních jakostních parametrů v průběhu deseti týdnů a to:
 - úbytek hmotnosti vejce
 - Haughovy jednotky
 - index bílku
 - index žloutku
 - barva žloutku dle stupnice La Roche
 - pH bílku
 - pH žloutku
 - procentuální zastoupení žloutku
 - procentuální zastoupení bílku
 - procentuální zastoupení skořápky
3. Sledovat změny pekařských vlastností vajec na piškotových korpusech, konkrétně na objemu a výšce piškotového korpusu.
4. Provést mikrobiologické vyšetření vajec po datu minimální trvanlivosti, která je 28 dnů od třídění vajec. Provést mikrobiologické rozbory v 6., 8. a 10. týdnu skladování.
5. Statistické zpracování a vyhodnocení výsledků.

7 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Předmětem praktické části diplomové práce je hodnocení jakostních parametrů vajec během skladování. K dispozici pro hodnocení bylo 360 vajec. Vejce byla z farmy v Ratíškovcích, od firmy Agropodnik Hodonín, a.s.. Všechna vejce byla snesena v jeden den, takže všechny vzorky byly stejného stáří. Tato vejce pak byla rozdělena na polovinu a skladována při dvou různých teplotách a to: + 4 °C a + 18 °C. K dispozici byla vejce velikosti M s označením 3 CZ 3931 od kura domácího (*Gallus gallus*) – Isa brown (francouzský nosný hybrid). Měření probíhala po dobu deseti týdnů, konkrétně v těchto týdnech:

0 → 1 → 2 → 3 → 4 → 6 → 8 → 10.

7.1 Metodika práce pro vnější a vnitřní parametry

7.1.1 Úbytek hmotnosti vajec během skladování

Hmotnost u všech vajec byla zjištěna na digitálních laboratorních vahách v nultém týdnu skladování, tzn. u čerstvých vajec (m) a po uplynutí doby skladování (m_s) v gramech s přesností na dvě desetinná místa. Úbytek hmotnosti byl vyjádřen v procentech dle vzorce:

$$\text{úbytek hmotnosti} = \frac{(m - m_s)}{m} * 100 [\%]$$

kde m ... hmotnost vejce před uskladněním (g)

m_s ... hmotnost po skladování (g).

7.1.2 Haughovy jednotky (HU)

Haughovy jednotky (HU) se vypočítají z hodnoty výšky hustého bílku a hmotnosti vejce. Hodnota HU se vypočítá z rovnice:

$$HU = 100 * \log(H - 1,7 W^{0,37} + 7,6)$$

kde H ... výška hustého bílku (mm)

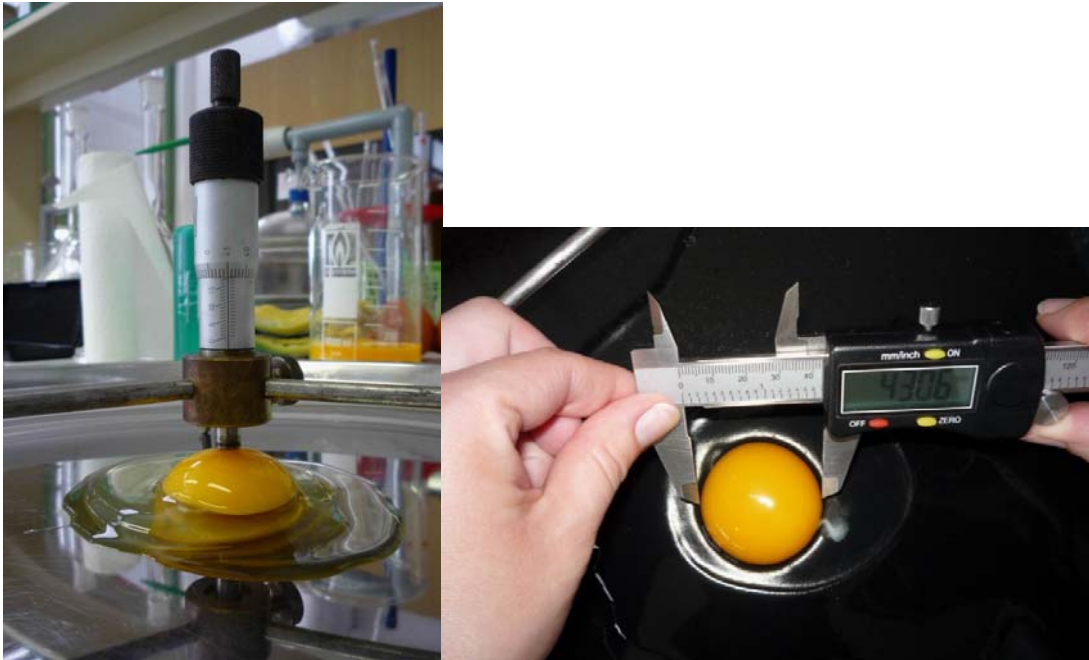
W ... hmotnost vejce (g).

7.1.3 Index žloutku

Index žloutku (I_Z) je poměr výšky žloutku k jeho šířce:

$$I_Z = \frac{\text{výška žloutku}}{\text{šířka žloutku}} * 100 [\%]$$

kde ... šířka žloutku je průměr dvou největších na sebe kolmých šířek (mm).



Obr. 3 a 4. Fotky z měření výšky (vlevo) a šířky žloutku (vpravo).

7.1.4 Index bílku

Index bílku (I_B) se vypočítá podle vzorce:

$$I_B = \frac{\text{výška hustého bílku}}{\text{šířka hustého bílku}} * 100 [\%]$$

kde ... šířka hustého bílku je průměr dvou největších na sebe kolmých šířek (mm).

7.1.5 Procentuální podíl bílku z hmotnosti vejce

Podíl bílku byl zjištěn z hmotnosti celého vejce po skladování po odečtení hmotnosti skořápky po vysušení a po odečtení hmotnosti žloutku. Procentuální podíl byl vypočítán ze vztahu:

$$\text{podíl bílku} = \frac{\text{hmotnost bílku}}{\text{hmotnost vejce}} * 100 [\%].$$

7.1.6 Procentuální podíl žloutku z hmotnosti vejce

Žloutek byl vyjmut z vejce lžicemi a musely být odstraněny chalázy a zbytek bílku, který by mohl zkreslovat hmotnost žloutku. Pro odstranění veškerého bílku byl použit i filtrační papír, následně byl žloutek zvážena na laboratorních vahách s přesností na dvě desetinná místa. Podíl žloutku byl vypočítán podle vztahu:

$$\text{podíl bílku} = \frac{\text{hmotnost bílku}}{\text{hmotnost vejce}} * 100 [\%].$$

7.1.7 Procentuální podíl skořápky z hmotnosti vejce

Skořápka byla po odstranění tekutého obsahu vysušena v sušárně při 103 °C po dobu 60 minut, následně zvážena na laboratorních vahách s přesností na dvě desetinná místa a z hmotnosti skořápky byl vypočítán podíl skořápky z celkové hmotnosti vejce v procentech podle vztahu:

$$\text{podíl skořápky} = \frac{\text{hmotnost skořápky}}{\text{hmotnost vejce}} * 100 [\%].$$

7.1.8 pH bílku

pH bílku bylo měřeno pH – metrem.

7.1.9 pH žloutku

pH žloutku bylo měřeno pH – metrem.

7.1.10 Barva žloutku

Barva žloutku byla zjišťována pomocí stupnice La Roche s číslováním 1 – 15.



Obr. 5. Stupnice barev dle La Roche.

7.1.11 Statistické zpracování

Zjištěné hodnoty byly statisticky zpracovány a byly vypočítány základní statistické ukazatele. Při statistickém hodnocení byly použity základní statistické charakteristiky: počet vzorků n , aritmetický průměr \bar{x} , směrodatná odchylka s_x , variační koeficient v_x , minimální hodnota x_{\min} a maximální hodnota x_{\max} . Statistická průkaznost rozdílnosti dvojic byla provedena jednofaktorovou analýzou (parametrické testy) v programu Microsoft Excel na hladině pravděpodobnosti 5 %.

7.1.12 Stanovení pekařské jakosti vajec

V týdnech skladování 0, 1, 2, 3, 4, 6, 8 a 10 byly pečeny piškotové korpusy. V každém týdnu byl upečen korpus ze dvou vajec skladových při 4 °C a ze dvou vajec skladovaných při 18 °C. Piškotové korpusy byly v jednotlivých týdnech porovnávány a fotograficky zdokumentovány pro porovnání rozdílů v objemu piškotového korpusu a výšky piškotového korpusu přepočítaného na 1 gram vejce, který byl použit na zmiňované korpusy. Piškotové těsto bylo připraveno ze 40 gramů cukru, 40 gramů mouky a dvou vajec. Vejce se rozdělila na bílek a žloutek, bílek byl ušlehán na tuhý sníh (doba šlehání byla u všech vajec 65 sekund – což se odvíjelo od stanovené doby v prvním měření, kdy už byl sníh tuhý), přidal se cukr a zašlehal se. Poté se přidaly žloutky a nakonec mouka. Korpusy byly pečené v troubě na 150 °C 15 minut.

Pro výpočet objemu piškotového korpusu byl použit vzorec:

$$V = \frac{\pi * d^2}{4} * v \text{ [mm}^3\text{]}$$

d...průměr korpusu ($d = 180 \text{ mm}$ dle průměru formy)

v...výška korpusu (mm).

7.1.13 Stanovení mikroorganismů na skořápce vajec

Vejce bylo setřeno z povrchu sterilním tamponem (byla stírána vždy polovina plochy vejce). Tampon byl vnořen do zkumavky s pomnožovacím médiem RVS a ponechán v ní 24 hodin při teplotě 37 °C. Po 24 hodinách bylo napipetováno 0,1 ml na misky s předem připravenou tuhou půdou XLD a ENDO. Následně byly misky vloženy do termostatu k inkubaci při 37 °C na 24 hodin. Každé vejce bylo naočkováno paralelně na dvě Petriho misky. Takto bylo postupováno při zkoumání vajec po datu minimální trvanlivosti. Po celou dobu bylo pracováno v blízkosti zapáleného kahanu, aby bylo zabráněno případné kontaminaci z ovzduší. Po uplynutí 24 hodin byly půdy vyhodnoceny.

7.1.14 Stanovení mikroorganismů v melanži

Vejce bylo po provedení stěru skořápky v místě rozklepnutí vydezinfikováno a rozklepnuto do sterilní kádinky. Následně byl obsah homogenizován za vzniku vaječné melanže. Z melanže byl odebrán 1 ml a napipetován do pomnožovacího média RVS. RVS bylo ponecháno v termostatu po dobu 24 hodin při 37 °C. Po této době bylo odebráno 0,1 ml a napipetováno na misky s předem připravenou tuhou půdou XLD a ENDO. Poté byly misky vloženy do termostatu k inkubaci při 37 °C na 24 hodin. Každé vejce bylo naočkováno paralelně na dvě Petriho misky. Takto bylo postupováno při zkoumání vajec po datu minimální trvanlivosti. Po celou dobu bylo pracováno v blízkosti zapáleného kahanu, aby bylo zabráněno případné kontaminaci z ovzduší. Po uplynutí 24 hodin byly půdy vyhodnoceny.

7.2 Pomůcky a materiál

7.2.1 Materiál

Mimo vajec velikosti M s označením 3 CZ 3931 byly použity ještě tyto suroviny pro přípravu piškotových korpusů pro hodnocení pekařských parametrů vajec:

- Cukr krupice, ARO, výrobce: Cukrovar Vrbátky a.s.
- Mouka pšeničná polohrubá, ARO, výrobce: UNIMILLS a.s.

7.2.2 Pomůcky

- **Pro zjišťování pekařské jakosti:**

elektrický šlehač, elektrická trouba, forma na korpus o průměru 18 cm, misky, šlehací mísa, stěrka, lžičky a další kuchyňské potřeby.

- **V laboratoři:**

tác na vytlučená vejce, kádinky, lžičky, filtrační papír, pH-metr, digitální šuplera, výškoměr (trojnožka), digitální váhy, sušárna.

- **V mikrobiologické laboratoři:**

Petriho misky, zkumavky, etanol, fyziologický roztok, kahan, vatové tyčinky, kádinky, skleněné hokejky, autokláv VARIOKLAV H+P, termostat, digitální váha, automatická mikropipeta 100 – 1000 μ l.

7.2.2.1 Použité půdy

RVS (Modified Rappaport Vassiliadis Medium) – doporučuje se jako selektivní medium pro salmonely

Živný agar.....2,7 g

Destilovaná voda.....90 ml

Inkubace půdy: 24 hod 37 °C

XLD (Xylose-Lysine Deoxycholate Agar) – médium pro selektivní izolaci a stanovení počtu *Salmonella serotype Typhi* a jiné salmonely.

Živný agar..... 14,17 g

Destilovaná voda..... 250 ml

Inkubace půdy: 24 hod 37 °C

ENDO (Endo Agar) - Pro rozlišení laktóza-pozitivních a laktóza-negativních koliformních bakt. (HIMEDIA, Indie)

Živná půda..... 10,375 g

Destilovaná voda..... 250 ml

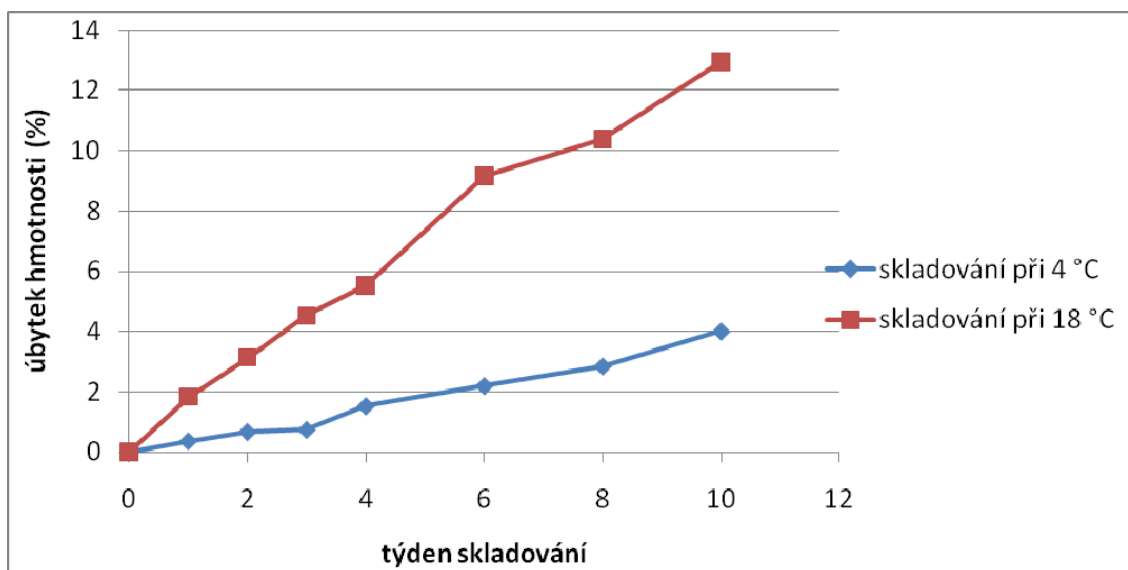
Inkubace půdy: 24 hod 37 °

8 VÝSLEDKY A DISKUZE

8.1 Úbytek hmotnosti vajec během skladování

Úbytek hmotnosti sledovaných vajec v průběhu deseti týdnů skladování je vyjádřen v grafu (obr. 6). Jsou zde zachyceny obě skladovací teploty (4 a 18 °C). U vajec skladovaných za chladírenských podmínek při 4 °C byl průměrný úbytek po prvním týdnu skladování

0,37 % z hmotnosti vajec. U vajec skladovaných při 18 °C byl průměrný úbytek značně vyšší a to 1,83 % po prvním týdnu. Na konci měření, a to v 10. týdnu, byl průměrný úbytek hmotnosti u vajec skladovaných při 18 °C 12,95 %. Minimální hodnota úbytku hmotnosti v 10. týdnu činila 10,16 % a maximální hodnota činila 15,94 % z hmotnosti vajec. Naproti tomu u vajec ve 4 °C byl průměrný úbytek hmotnosti v 10. týdnu jen 4,01 %. Průměrné úbytky z hmotnosti vajec měly v obou dvou skladovacích teplotách v celé délce skladování vzrůstající tendence, což je patrné z grafu (obr. 6). Největší rozdíl v úbytku hmotnosti u chladírenské teploty byl zaznamenán mezi 3. a 4. týdnem a to 0,79 % a u teploty 18 °C mezi 4. a 6. týdnem a to úbytek o 3,36 % (na jeden týden skladování připadá úbytek 1,815 %). Průkazný vliv měla délka skladování v průběhu měření. Základní statistické údaje jsou uvedeny v tabulce 10 pro teplotu 4 °C a v tab. 12 pro 18 °C. Podle SIMEONOVÉ (1999) se úbytek hmotnosti projevuje od okamžiku snesení vejce, kdy dochází k odpařování vody z vejce. Z vejce kromě vody uniká i CO₂ [15]. ALLEONI uvádí, že ztráty hmotnosti vajec se zvyšují s délkou skladování, tedy tak jako v tomto měření.



Obr. 6. Průměrné hodnoty úbytku hmotnosti vajec [%] v průběhu skladování při 4 a 18 °C.

Tab. 10. Základní statistické charakteristiky pro úbytek hmotnosti vajec [%] při skladovací teplotě 4 °C.

týden skladování	n	x	s _x	v _x	x _{min}	x _{max}
0	15	0	0	0	0	0
1	15	0,37	0,11	29	0,27	0,71
2	15	0,67	0,22	33,53	0,42	1,37
3	15	0,74	0,35	47,57	0,43	1,6
4	15	1,53	0,39	25,71	1,23	2,82
6	15	2,20	0,33	15,24	1,51	2,9
8	15	2,85	0,48	17,02	2,06	4,32
10	15	4,01	0,94	23,55	3,07	6,91

Tab. 11. Hodnocení průkaznosti výsledků úbytku hmotnosti vajec [%] při skladovací teplotě 4 °C testem rozdílnosti dvojic na hladině pravděpodobnosti 5 %.

týden skladování	týden skladování							
	0	1	2	3	4	6	8	10
0		S	R	R	R	R	R	R
1			S	S	R	R	R	R
2				S	R	R	R	R
3					R	R	R	R
4						R	R	R
6							R	R
8								R

R – statisticky průkazné, S – statisticky neprůkazné

Tab. 12. Základní statistické charakteristiky úbytku hmotnosti vajec [%] při skladovací teplotě 18 °C.

týden skladování	n	x	s _x	v _x	x _{min}	x _{max}
0	15	0	0	0	0	0
1	15	1,83	0,19	10,43	1,45	2,29
2	15	3,14	0,91	28,95	1,88	4,62
3	15	4,52	1,01	22,29	2,86	6,27
4	15	5,52	1,18	21,39	3,26	7,46
6	15	9,15	1,65	18,06	5,33	13,24
8	15	10,37	2,67	25,78	5,34	16,15
10	15	12,95	1,49	11,49	10,16	15,94

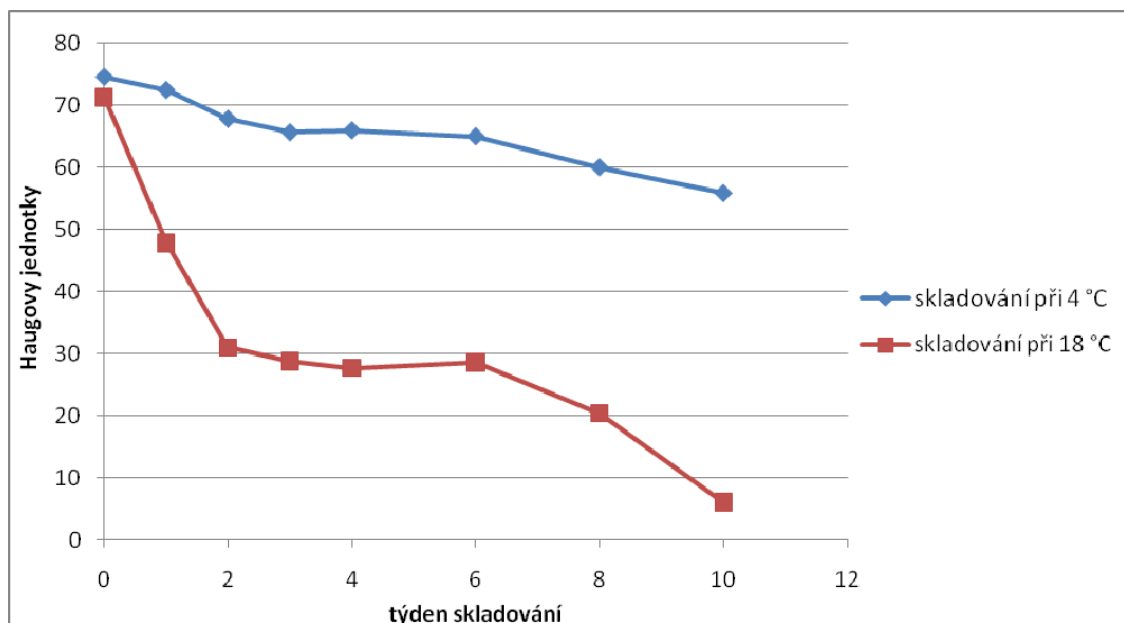
Tab. 13. Hodnocení průkaznosti výsledků úbytku hmotnosti vajec [%] při skladovací teplotě 18 °C testem rozdílnosti dvojic na hladině pravděpodobnosti 5 %.

týden skladování	týden skladování							
	0	1	2	3	4	6	8	10
0		S	R	R	R	R	R	R
1			S	R	R	R	R	R
2				S	R	R	R	R
3					S	R	R	R
4						R	R	R
6							S	R
8								S

R – statisticky průkazné, S – statisticky neprůkazné

8.2 Haughovy jednotky (HU)

Průměrné hodnoty Haughových jednotek v průběhu skladování při dvou různých teplotách znázorňuje graf níže (obr. 7). V něm je patrné snižování HU v závislosti na teplotě i délce skladování. Dvě zásadní hodnoty pro výpočet HU jsou výška hustého bílku a hmotnost vejce. U chladírensky skladovaných vajec byl hustý bílek patrný a dobře měřitelný i v 10. týdnu. U vajec skladovaných při 18 °C hustý bílek postupem času ztrácel své charakteristické obrysy a tvar. Po rozklepnutí vejce se roztékal. U některých takto skladovaných vajec nebyl hustý bílek od 2. týdne skladování dobře rozeznatelný od ostatního bílku, tudíž se měřila jen výška bílku po rozklepnutí vejce v blízkosti žloutkové koule a hodnota HU byla v některých případech i záporná. Při chladírenské teplotě byla průměrná hodnota HU na počátku měření 74,49. Během týdnů se hodnota snižovala. Od 3. do 6. týdne se pohybovala v podobném rozmezí a to 65,58 až 64,94, nebyly zde výrazné rozdíly. První velký rozdíl v hodnotách HU nastal mezi 1. a 2. týdnem, kdy se průměrné HU snížily o 4,64. A další výrazný rozdíl byl pozorován mezi 6. a 8. týdnem (snížení o 4,97) a mezi 8. a 10. týdnem (snížení o 4,16). Výraznější pokles byl zaznamenán při skladování v 18 °C. V nultém týdnu byla průměrná hodnota HU 71,22 a v 10. týdnu pouhých 6,01. Nejvýraznější pokles nastal mezi 0. a 1. týdnem a to 23,41 HU. Druhý nejvýraznější pokles mezi 1. a 2. týdnem (16,85 HU) a dále mezi 8. a 10. týdnem (snížení o 14,35 HU). V průběhu celého měření při skladovací teplotě 18 °C byla nejvyšší hodnota HU 79,99 a nejnižší – 51,93. VÍTU (2007) uvádí vyšší zjištěné hodnoty. Statistické charakteristiky a vyhodnocení průkaznosti výsledků Haughových jednotek jsou uvedeny v tabulkách 14 až 17.



Obr. 7. Průměrné hodnoty HU v průběhu skladování při 4 a 18 °C.

Tab. 14. Základní statistické charakteristiky HU při skladovací teplotě 4 °C.

týden skladování	n	\bar{x}	s_x	v_x	x_{\min}	x_{\max}
0	15	74,49	6,63	8,9	61,21	84,39
1	15	72,38	6,94	9,6	53,95	82,44
2	15	67,74	8,22	12,14	52,55	80,72
3	15	65,58	5,05	7,71	55,03	73,74
4	15	65,90	7,2	10,93	45,22	75,32
6	15	64,94	7,42	11,42	46,05	76,15
8	15	59,97	6,97	11,62	48,06	73,6
10	15	55,81	8,44	15,16	39,27	68,89

Tab. 15. Hodnocení průkaznosti výsledků HU při skladovací teplotě 4 °C testem rozdílnosti dvojic na hladině pravděpodobnosti 5 %.

týden skladování	týden skladování							
	0	1	2	3	4	6	8	10
0		S	S	S	S	S	R	R
1			S	S	S	S	R	R
2				S	S	S	S	R
3					S	S	S	S
4						S	S	S
6							S	S
8								S

R – statisticky průkazné, S – statisticky neprůkazné

Tab. 16. Základní statistické charakteristiky HU při skladovací teplotě 18 °C.

týden skladování	n	x	s _x	v _x	x _{min}	x _{max}
0	15	71,22	7,98	11,2	52	79,99
1	15	47,81	9,12	19,08	28,93	67,8
2	15	30,96	26,24	84,75	-51,93	62,64
3	15	28,75	9,65	33,56	15,57	48,28
4	15	27,67	8,52	30,8	17,18	50,41
6	15	28,55	5,7	19,94	19,48	37,21
8	15	20,36	7,3	35,84	2,21	31,84
10	15	6,01	9,58	159,37	-11,65	22,21

Tab. 17. Hodnocení průkaznosti výsledků HU při skladovací teplotě 18 °C testem rozdílnosti dvojic na hladině pravděpodobnosti 5 %.

týden skladování	týden skladování							
	0	1	2	3	4	6	8	10
0		R	R	R	R	R	R	R
1			S	R	R	R	R	R
2				S	S	S	S	R
3					S	S	S	R
4						S	S	R
6							S	R
8								S

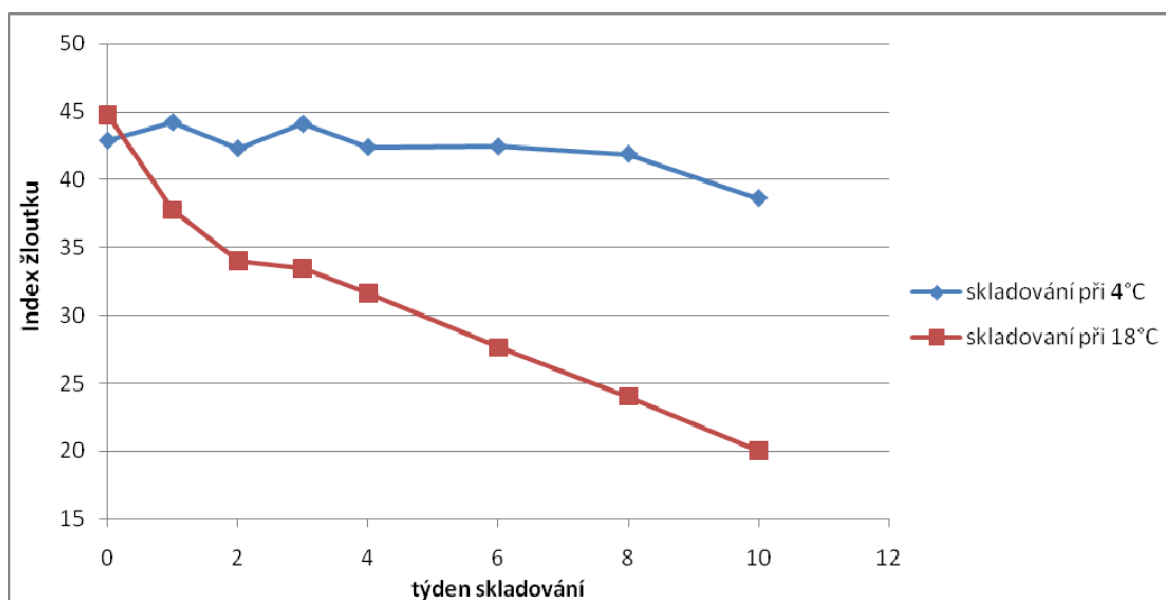
R – statisticky průkazné, S – statisticky neprůkazné

8.3 Index žloutku

Průměrné hodnoty indexu žloutku během skladování vajec jsou znázorněny v grafu níže (obr. 8). Index žloutku se v průběhu skladování výrazněji snižoval u vajec skladovaných v 18 °C než u vajec skladovaných ve 4 °C. Průměrné hodnoty mezi 0. až 8. týdnem u chladírenské teploty se nepohybovaly v širokém rozmezí. Nejvyšší průměrná hodnota byla v 1. týdnu (44,21 %) a nejnižší v 10. týdnu (38,61 %). Nejvýraznější rozdíl byl mezi 8. a 10. týdnem a to o 3,27 %. Index žloutku je také jedním z ukazatelů kvality a čerstvosti vajec, ale pokud se vejce uchovává v chladu, tak po 10. týdnu skladování nelze podle žloutku rozeznat, že se jedná už o relativně staré vejce s prošlou lhůtou minimální trvanlivosti.

U vajec v průběhu skladování v 18 °C se index žloutku více měnil. Počáteční průměrná hodnota byla 44,74 % a v 10. týdnu 20,02 %. Nejvyšší hodnota v rámci měření byla zjiště-

na v 0. týdnu (50,43 %) a nejnižší hodnota v 10. týdnu (16,7%). Největší rozdíl v poklesu průměrného indexu žloutku při 18 °C nastal v prvním týdnu skladování (6,98 %). VÍTŮ (2007) uvádí podobné hodnoty jako v našem měření. Teplota 18 °C při skladování měla statisticky průkazný vliv na změnu indexu žloutku. Statistické hodnoty a vyhodnocení průkaznosti výsledků indexu žloutku jsou uvedeny v tabulkách 18 - 21. SIMEONOVÁ (1999) a HEJLOVÁ (2001) uvádí, že během stárnutí vajec hodnoty indexu klesají. Stejně jako v tomto měření. Žloutek úplně čerstvého vejce po rozbití a vylití vaječného obsahu na vodorovnou podložku má téměř polokulovitý tvar a čím je vejce starší, tím je žloutek nižší a širší. Tvar žloutku je závislý na pevnosti a elasticitě žloutkové membrány, která se stárnutím ztenčuje. Proto žloutek starších vajec je nižší a má i nižší index tvaru, což se potvrdilo i v tomto měření. Poslední týdny měření indexu žloutku při skladovací teplotě 18 °C byly manuálně obtížnější než v počátečních týdnech, protože ne u každého rozbitého vejce se podařilo vaječný obsah dostat na vodorovný ták tak, aby žloutek i se žloutkovou membránou zůstal neporušen a byl měřitelný výškoměrem. U spousty vajec se smíchal žloutek s bílkem již při rozbití skořápky a takto poškozené vejce bylo pro měření indexu žloutku a následně i pro měření váhy žloutku a jeho pH nepoužitelné.



Obr. 8. Průměrné hodnoty indexu žloutku v průběhu skladování při 4 a 18 °C.

Tab. 18. Základní statistické charakteristiky indexu žloutku při skladovací teplotě 4 °C.

týden skladování	n	x	s _x	v _x	x _{min}	x _{max}
0	15	42,86	1,96	4,57	39,12	45,22
1	15	44,21	2,58	5,84	38,65	48,31
2	15	42,28	1,96	4,63	38,26	46,06
3	15	44,09	2,98	6,56	37,59	48,9
4	15	42,37	2,12	5,01	39,43	48,53
6	15	42,42	2,59	6,11	37,65	47,32
8	15	41,88	2,07	4,95	38,36	44,79
10	15	38,61	2,55	6,61	32,17	43,13

Tab. 19. Hodnocení průkaznosti výsledků indexu žloutku při teplotě 4 °C testem rozdílnosti dvojic na hladině pravděpodobnosti 5 %.

týden skladování	týden skladování							
	0	1	2	3	4	6	8	10
0		S	S	S	S	S	S	R
1			S	S	S	S	S	R
2				S	S	S	S	R
3					S	S	S	R
4						S	S	R
6							S	R
8								S

R – statisticky průkazné, S – statisticky neprůkazné

Tab. 20. Základní statistické charakteristiky indexu žloutku při skladovací teplotě 18 °C.

týden skladování	n	x	s _x	v _x	x _{min}	x _{max}
0	15	44,74	3,77	8,42	40,05	50,43
1	15	37,76	1,76	4,66	33,46	40,97
2	15	34,00	2,26	6,65	30,01	38,71
3	15	33,48	2,63	7,86	31,15	41,42
4	15	31,63	3,09	9,76	28,23	39,53
6	15	27,64	2,12	7,69	23,96	32,62
8	15	24,02	2,84	11,81	18,4	29,7
10	15	20,02	1,57	7,84	16,7	23,55

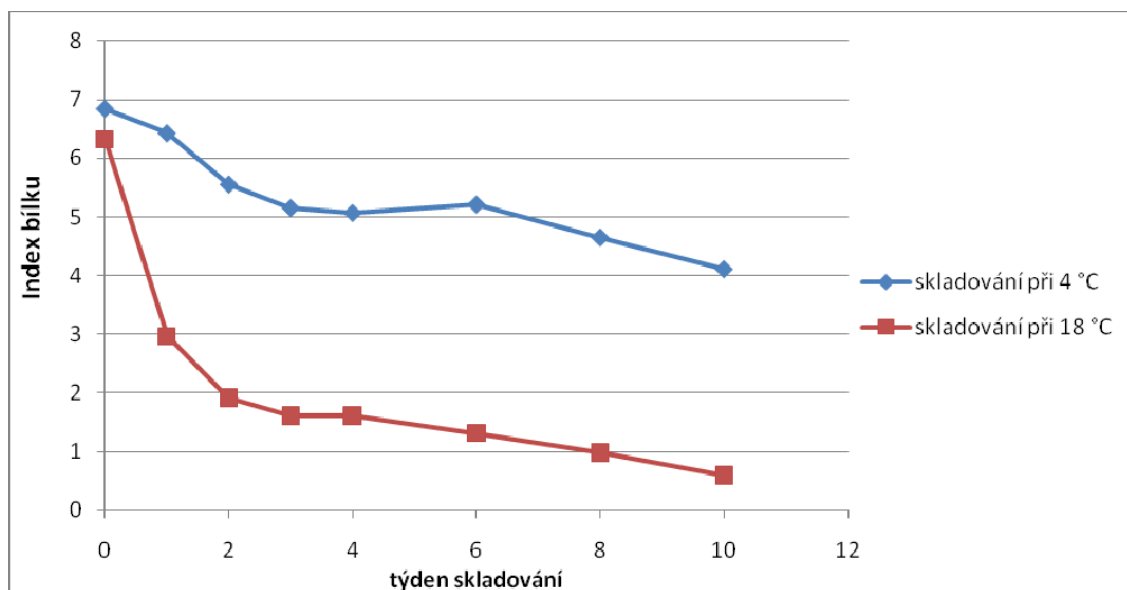
Tab. 21. Hodnocení průkaznosti výsledků indexu žloutku při skladovací teplotě 18 °C testem rozdílnosti dvojic na hladině pravděpodobnosti 5 %.

týden skladování	týden skladování							
	0	1	2	3	4	6	8	10
0		R	R	R	R	R	R	R
1			R	R	R	R	R	R
2				S	S	R	R	R
3					S	R	R	R
4						R	R	R
6							S	R
8								R

R – statisticky průkazné, S – statisticky neprůkazné

8.4 Index bílku

Průměrné hodnoty indexu bílku jsou uvedeny v grafu (viz obr. 9). Dále pak statistické údaje a hodnocení průkaznosti naměřených výsledků v tabulkách 22 - 25. Index bílku byl vypočítán z naměřených výšek hustého bílku a šířky hustého bílku (průměr dvou největších na sebe kolmých šířek). Nejvyšší index bílku u vajec ve 4 °C byl naměřen v 0. týdnu skladování a to 9,14 % a nejnižší v téže teplotě 2,45 % v 10. týdnu. Průměrné hodnoty postupem týdnů klesaly. V nultém týdnu to bylo 6,85 % a v 10. týdnu jen 4,10 %. U skladování v 18 °C byl pokles hodnot rapidnější než u chladírenského skladování. Teplota měla výrazný vliv na změnu indexu bílku. Průměrná hodnota v 0. týdnu byla 6,32 % a v posledním týdnu skladování jen 0,60 %. Maximální hodnota indexu bílku vajec v této teplotě byla také v 0. týdnu (8,12 %) a minimální v posledním 10. týdnu (0,31 %). TŮMOVÁ (2007) uvádí, že na index bílku má vliv i ustájení slepic. A v konvenčním klecovém ustájení stanovila průměrný index bílku u vajec 8,95 – 11,48 % a na podestýlce 9,9 – 11,23 %. V naší práci bylo dosaženo hodnoty maximálně 9,14 %, což je hodnota výrazně nižší.



Obr. 9. Průměrné hodnoty index bílku v průběhu skladování při 4 a 18 °C

Tab. 22. Základní statistické charakteristiky indexu bílku při skladovací teplotě 4 °C

týden skladování	n	x	s _x	v _x	x _{min}	x _{max}
0	15	6,85	1,37	20,03	4,37	9,14
1	15	6,43	1,2	18,7	4,34	9,08
2	15	5,55	1,34	24,15	3,45	7,95
3	15	5,15	0,75	14,51	3,77	6,39
4	15	5,07	1	19,83	2,71	6,67
6	15	5,21	0,96	18,5	2,99	6,85
8	15	4,65	1,01	21,74	3,38	6,81
10	15	4,10	1,07	26,06	2,45	6,12

Tab. 23. Hodnocení průkaznosti výsledků indexu bílku při teplotě 4 °C testem rozdílnosti dvojic na hladině pravděpodobnosti 5 %.

týden skladování	týden skladování							
	0	1	2	3	4	6	8	10
0		S	S	R	R	R	R	R
1			S	S	S	S	R	R
2				S	S	S	S	S
3					S	S	S	S
4						S	S	S
6							S	S
8								S

R – statisticky průkazné, S – statisticky neprůkazné

Tab. 24. Základní statistické charakteristiky indexu bílku při skladovací teplotě 18 °C

týden skladování	n	x	s _x	v _x	x _{min}	x _{max}
0	15	6,32	1,22	19,35	3,69	8,12
1	15	2,97	0,67	23,1	2,02	4,68
2	15	1,92	0,94	48,82	0,38	4,31
3	15	1,61	0,46	28,58	1,12	2,84
4	15	1,61	0,43	26,65	1,22	2,65
6	15	1,31	0,18	13,72	1,01	1,72
8	15	0,99	0,19	18,92	0,58	1,3
10	15	0,60	0,2	34,65	0,31	1,06

Tab. 25. Hodnocení průkaznosti výsledků indexu bílku při skladovací teplotě 18 °C testem rozdílnosti dvojic na hladině pravděpodobnosti 5 %.

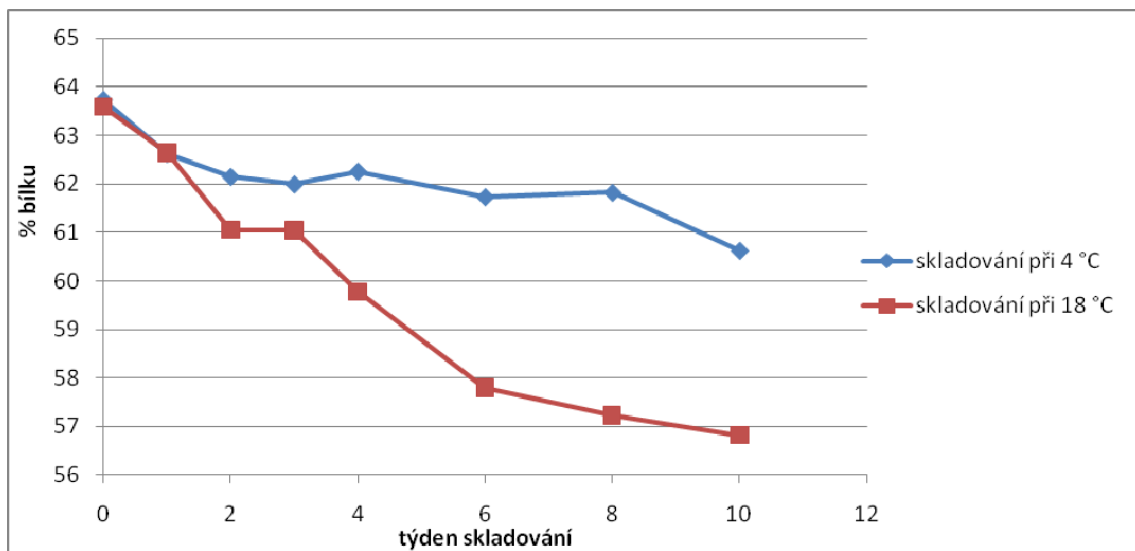
týden skladování	týden skladování							
	0	1	2	3	4	6	8	10
0		R	R	R	R	R	R	R
1			R	R	R	R	R	R
2				S	S	S	S	R
3					S	S	S	R
4						S	S	R
6							S	S
8								S

R – statisticky průkazné, S – statisticky neprůkazné

8.5 Procentuální podíl bílku z hmotnosti vejce

Průměrný procentuální podíl bílku z hmotnosti vajec je uveden v grafu (obr. 10). Červená křivka znázorňuje skladovací teplotu 18 °C a tato křivka klesá více než křivka, která v grafu znázorňuje průměrný podíl bílku z hmotnosti vajec během skladování při 4 °C. Ve skladovací teplotě 4 °C byl průměrný podíl bílku z čerstvých vajec 63,73 % a na konci skladování 60,63 %. Celkový pokles tedy během 10. týdnů byl 3,10 %. Statisticky jsou všechny hodnoty na hladině pravděpodobnosti 5 % neprůkazné. Při teplotě 18 °C byl celkový průměrný procentuální úbytek bílku 6,77 %. Počáteční hodnota čerstvých vajec byla 63,59 % a po 10. týdnech byla 56,82 %. VÍTŮ (2007) uvádí srovnatelné hodnoty jako v našem měření. Statistické charakteristiky při skladovací teplotě 18 °C je znázorněna v tabulce 28 a v tabulce 29 je hodnocení průkaznosti výsledků. Tabulka 26 a 27 ukazuje údaje při skladování za chladírenských podmínek. Podíl bílku nebyl počítán přímo

z hmotnosti bílku, ale počítal se jako rozdíl mezi hmotností celého vejce v určitém týdnu skladování po odečtení hmotnosti zváženého žloutku a vysušené zvážené skořápky vejce. Ke změnám v hmotnosti bílku docházelo kvůli snaze o vyrovnávání osmotického tlaku uvnitř vejce. Mezi bílkem a žloutkem u čerstvého vejce je na obou stranách žloutkové membrány rozdílný osmotický tlak. Během skladování a stárnutí vejce voda z bílku přechází do žloutku a zároveň se voda z bílku odpařuje z vejce. Z vaječného obsahu se vypařuje nejen voda, ale i oxid uhličitý. Odpařování vody je závislé na relativní vzdušné vlhkosti, rychlosti proudění vzduchu a na teplotě. Se zvyšující se teplotou se zvyšuje odpařování vody. V tomto měření se prokázalo, že teplota má na úbytku bílku z hmotnosti vejce vliv a při vyšší teplotě se více snižuje procentuální zastoupení bílku než u nižší teploty.



Obr. 10. Průměrné hmotnosti procentuálního podílu bílku z hmotnosti vejce v průběhu skladování při 4 a 18 °C.

Tab. 26. Základní statistické charakteristiky procentuálního podílu bílku z hmotnosti vejce při skladovací teplotě 4 °C.

týden skladování	n	x	s _x	v _x	x _{min}	x _{max}
0	15	63,73	1,66	2,6	60,38	66,08
1	15	62,62	1,73	2,76	59,47	66,15
2	15	62,15	2,19	3,51	58,14	66,45
3	15	61,99	2	3,24	59,01	67,31
4	15	62,26	1,69	2,71	60,05	65,93
6	15	61,73	1,37	2,22	58,49	63,73
8	15	61,82	1,7	2,76	58,27	64,43
10	15	60,63	1,76	2,89	57,15	63,36

Tab. 27. Hodnocení průkaznosti výsledků procentuálního podílu bílku z hmotnosti vejce při teplotě 4 °C testem rozdílnosti dvojic na hladině pravděpodobnosti 5 %.

týden skladování	týden skladování							
	0	1	2	3	4	6	8	10
0		S	S	S	S	S	S	R
1			S	S	S	S	S	S
2				S	S	S	S	S
3					S	S	S	S
4						S	S	S
6							S	S
8								S

R – statisticky průkazné, S – statisticky neprůkazné

Tab. 28. Základní statistické charakteristiky procentuálního podílu bílku z hmotnosti vejce při skladovací teplotě 18 °C

týden skladování	n	x	s _x	v _x	x _{min}	x _{max}
0	15	63,59	2,37	3,72	59,48	67,11
1	15	62,65	1,87	2,99	59,57	67,04
2	15	61,05	1,63	2,66	58,2	63,45
3	15	61,04	1,43	2,35	58,32	63,59
4	15	59,78	2,1	3,52	56	64,21
6	15	57,80	1,89	3,26	54,61	60,7
8	15	57,23	2,31	4,04	51,71	60,1
10	15	56,82	1,56	2,75	53,27	59,9

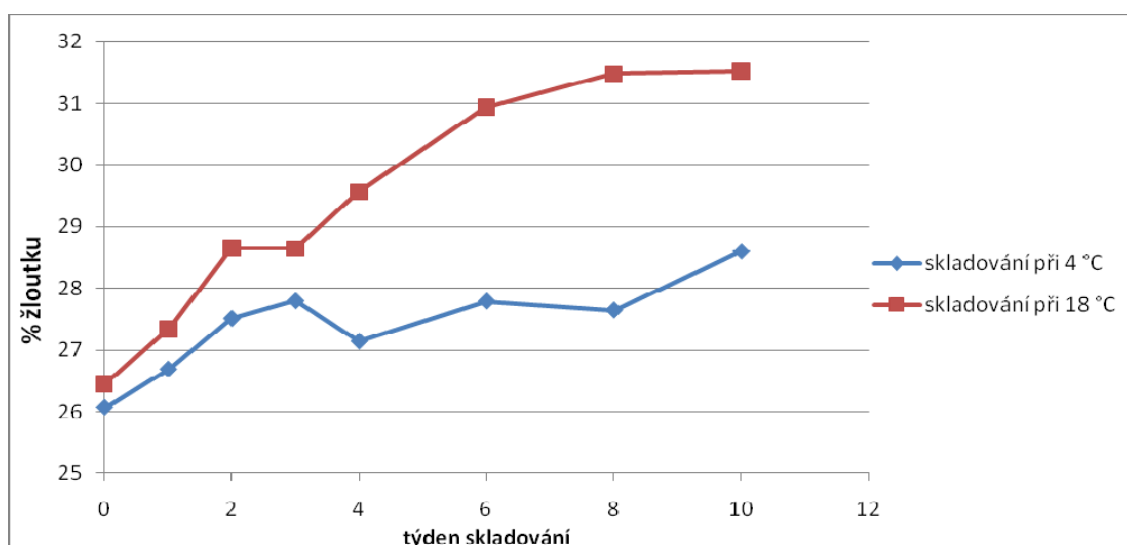
Tab. 29. Hodnocení průkaznosti výsledků procentuálního podílu bílku z hmotnosti vejce při skladovací teplotě 18 °C testem rozdílnosti dvojic na hladině pravděpodobnosti 5 %.

týden skladování	týden skladování							
	0	1	2	3	4	6	8	10
0		S	S	S	R	R	R	R
1			S	S	R	R	R	R
2				S	S	R	R	R
3					S	R	R	R
4						S	S	R
6							S	S
8								S

R – statisticky průkazné, S – statisticky neprůkazné

8.6 Procentuální podíl žloutku z hmotnosti vejce

Dalším sledovaným parametrem, který charakterizuje změny ve vejci, byl podíl žloutku z hmotnosti vejce. Průměrné hodnoty jsou zaznamenány v grafu (obr. 11). Základní statistické údaje a hodnocení průkaznosti výsledků je uvedeno v tabulkách 30 až 33. Téměř všechny hodnoty na hladině pravděpodobnosti 5 % jsou statisticky neprůkazné u teploty 4 °C. U teploty 18 °C je hodnocení výsledků statisticky průkaznější, především v posledních týdnech skladování (viz. tabulka 33). Hodnoty u vajec skladovaných chladírensky se pohybovaly v rozmezí 23,52 až 31,46 %. Nejnižší hodnota byla ve 4. týdnu a nejvyšší v 10. týdnu. Průměrné hodnoty procentuálního podílu žloutku se postupem týdnů mírně zvyšovaly. Na počátku měření byla průměrná hodnota 26,07 % a na konci měření byla 28,60 %. Tedy nárůst o 2,53 % hmotnosti žloutku u teploty 4 °C. Ve skladovací teplotě 18 °C byl celkový nárůst u hmotnosti žloutku 5,08 %. Tedy větší změna podílu žloutku nastala při vyšší skladovací teplotě. Průměrné hodnoty u vyšší teploty se pohybovaly od 26,45 % a vzrostly postupně až na 31,53 %. HANZLÍKOVÁ (2008) uvádí srovnatelné hodnoty při skladování v 18 °C. Nejnižší hodnota byla v 0. týdnu (24 %) a nejvyšší (36,88 %) v 8. týdnu skladování. Procento podílu žloutku z hmotnosti vajec se během týdnů měnilo. Změny byly závislé i na teplotě a to z důvodu, že voda z bílku při vyšší teplotě více pronikala do žloutku a tím se zvyšovala jeho hmotnost. Takže hmotnost navíc, která se u žloutku projevila, byla voda z bílku a procentuální hmotnost bílku se v průběhu snižovala (viz. obr. 11).



Obr. 11. Průměrné hmotnosti procentuálního podílu žloutku z hmotnosti vejce v průběhu skladování při 4 a 18 °C.

Tab. 30. Základní statistické charakteristiky procentuálního podílu žloutku z hmotnosti vejce při skladovací teplotě 4 °C

týden skladování	n	x	s _x	v _x	x _{min}	x _{max}
0	15	26,07	1,36	5,22	24,62	29,09
1	15	26,69	1,56	5,85	23,64	30,03
2	15	27,51	1,8	6,56	24,18	30,39
3	15	27,79	1,98	7,12	23,04	30,35
4	15	27,14	1,78	6,56	23,52	29,51
6	15	27,79	1,5	5,38	25,96	30,94
8	15	27,64	1,44	5,23	25,6	30,86
10	15	28,60	1,52	5,33	25,92	31,46

Tab. 31. Hodnocení průkaznosti výsledků procentuálního podílu žloutku z hmotnosti vejce při teplotě 4 °C testem rozdílnosti dvojic na hladině pravděpodobnosti 5 %.

týden skladování	týden skladování							
	0	1	2	3	4	6	8	10
0		S	S	S	S	S	S	R
1			S	S	S	S	S	S
2				S	S	S	S	S
3					S	S	S	S
4						S	S	S
6							S	S
8								S

R – statisticky průkazné, S – statisticky neprůkazné

Tab. 32. Základní statistické charakteristiky procentuálního podílu žloutku z hmotnosti vejce při skladovací teplotě 18 °C.

týden skladování	n	x	s _x	v _x	x _{min}	x _{max}
0	15	26,45	1,95	7,39	24	30,21
1	15	27,34	1,69	6,19	24,02	30,17
2	15	28,65	1,56	5,45	26,48	31,06
3	15	28,64	1,39	4,87	26,31	30,95
4	15	29,57	1,97	6,67	25,57	33,21
6	15	30,94	1,76	5,68	28,27	33,65
8	15	31,48	2,22	7,05	29,02	36,88
10	15	31,53	1,29	4,1	28,9	34,62

Tab. 33. Hodnocení průkaznosti výsledků procentuálního podílu žloutku z hmotnosti vejce při skladovací teplotě 18 °C testem rozdílnosti dvojic na hladině pravděpodobnosti 5 %.

týden skladování	týden skladování							
	0	1	2	3	4	6	8	10
0		S	S	S	R	R	R	R
1			S	S	S	R	R	R
2				S	S	S	R	R
3					S	S	R	R
4						S	S	S
6							S	S
8								S

R – statisticky průkazné, S – statisticky neprůkazné

8.7 Procentuální podíl skořápky z hmotnosti vejce

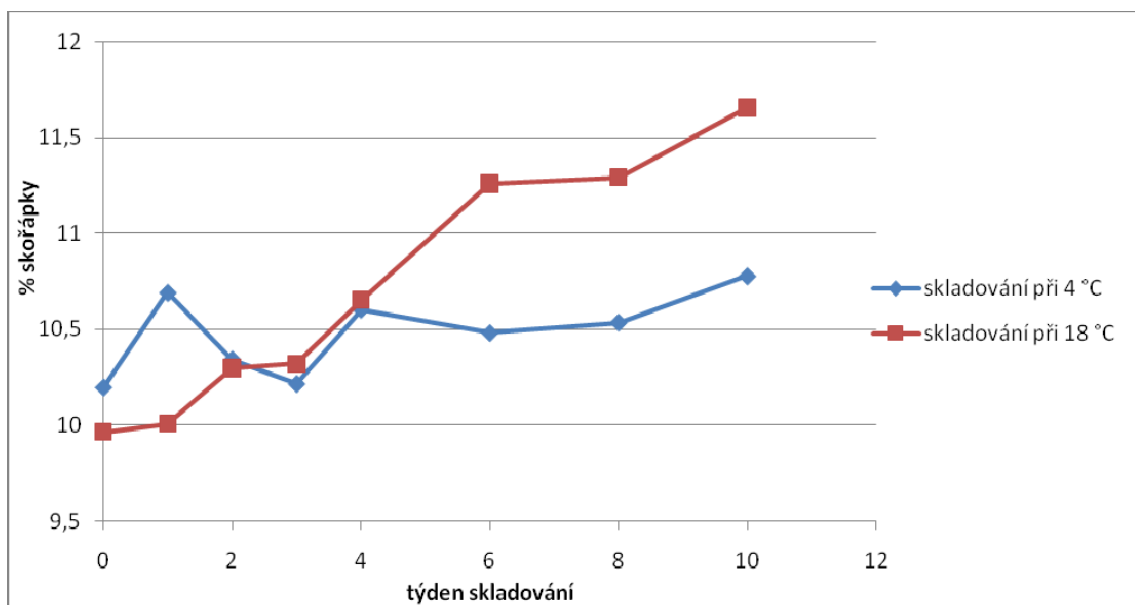
Průměrné hmotnosti skořápky vajec v procentech během jednotlivých týdnů jsou znázorněny v grafu níže (obr. 13). Hmotnost skořápky se v průběhu nepohybovala v tak širokém rozmezí jako hmotnost bílku či žloutku. Hmotnost skořápky v poměru s hmotností ostatních složek vejce není příliš vysoká. Skořápka dle SIMEONOVÉ představuje 9 – 12 % z hmotnosti vejce. Převážná většina naměřených hodnot se pohybovala v tomto rozmezí. HANZLÍKOVÁ (2008) zjistila srovnatelné hodnoty jako jsou naše výsledky. Nejnižší hodnota u skladovací teploty 4 °C byla 8,26 % (3. týden) a nejvyšší 12,22 % (2. týden). Nejnižší průměrná hodnota byla v 0. týdnu (10,20 %) a nejvyšší v 10. týdnu skladování (10,78 %). Hodnocení průkaznosti výsledků u této teploty na hladině pravděpodobnosti 5 % je uvedeno v tabulce 35 a všechny hodnoty jsou statisticky neprůkazné. U skladovací teploty 18 °C jsou hodnoty převážně v posledních týdnech statisticky průkazné (tabulka 37). V tabulce 36 můžeme vidět základní statistické charakteristiky u skořápky při skladování v 18 °C. Nejnižší hodnota byla naměřena v 1. týdnu (7,42 %) a nejvyšší 12,68 % (v 10. týdnu) a nejnižší průměrná hodnota v 0. týdnu skladování a to 11,66 %. Podíl skořápky se v průběhu skladování měnil. I když průměrné hodnoty kolísaly, tedy změny neprobíhaly jen stoupavě nebo klesavě, i tak byly patrné. V průběhu jednotlivých týdnů nastaly v podílu skořápky z hmotnosti vejce změny. Podíl se zvýšil u vajec u obou skladovacích teplot. Při 4 °C podíl vzrostl o 0,58 % a při 18 °C vzrostl o 1,7 %. Vlivem stárnutí měnila skořápka své vlastnosti, postupně vysychala a při prosvěcení byla mramorová, což nastalo díky vyššímu obsahu vody ve skořápce (viz. obr. níže).



Obr. 12. Fotografie skořápky z 8. týdne měření.

Kvůli vysychání vaječného obsahu se poměr hmotnosti vaječného obsahu ke hmotnosti skořápky měnil. V důsledku úbytku vaječného obsahu během skladování se podíl skořápky zvyšoval. I když změna hmotnosti skořápky samotné nebyla tak výrazná.

Na procentuální podíl skořápky má také vliv velikost vajec, chemické složení jednotlivých skořápek a individualita a stáří nosnic.



Obr. 13. Průměrné hmotnosti procentuálního podílu skořápky z hmotnosti vejce v průběhu skladování při 4 a 18 °C.

Tab. 34. Základní statistické charakteristiky procentuálního podílu skořápky z hmotnosti vejce při skladovací teplotě 4 °C.

týden skladování	n	x	s _x	v _x	x _{min}	x _{max}
0	15	10,20	0,75	7,32	8,46	11,59
1	15	10,69	0,66	6,2	9,45	11,81
2	15	10,34	0,76	7,38	9,24	12,22
3	15	10,22	0,85	8,29	8,26	11,33
4	15	10,60	0,47	4,47	9,94	11,53
6	15	10,48	0,51	4,89	9,48	11,28
8	15	10,54	0,58	5,5	9,67	11,75
10	15	10,78	0,56	5,16	9,11	11,43

Tab. 35. Hodnocení průkaznosti výsledků procentuálního podílu skořápky z hmotnosti vejce při teplotě 4 °C testem rozdílnosti dvojic na hladině pravděpodobnosti 5 %.

týden skladování	týden skladování							
	0	1	2	3	4	6	8	10
0		S	S	S	S	S	S	S
1			S	S	S	S	S	S
2				S	S	S	S	S
3					S	S	S	S
4						S	S	S
6							S	S
8								S

R – statisticky průkazné, S – statisticky neprůkazné

Tab. 36. Základní statistické charakteristiky procentuálního podílu skořápky z hmotnosti vejce při skladovací teplotě 18 °C.

týden skladování	n	x	s _x	v _x	x _{min}	x _{max}
0	15	9,96	1,05	10,49	7,94	11,35
1	15	10,01	0,96	9,58	7,42	11,22
2	15	10,30	0,5	4,86	9,16	11,4
3	15	10,32	0,63	6,08	9,2	11,67
4	15	10,65	0,5	4,66	10,09	11,68
6	15	11,26	0,49	4,36	10,35	11,99
8	15	11,29	0,35	3,13	10,83	12,08
10	15	11,66	0,56	4,76	10,58	12,68

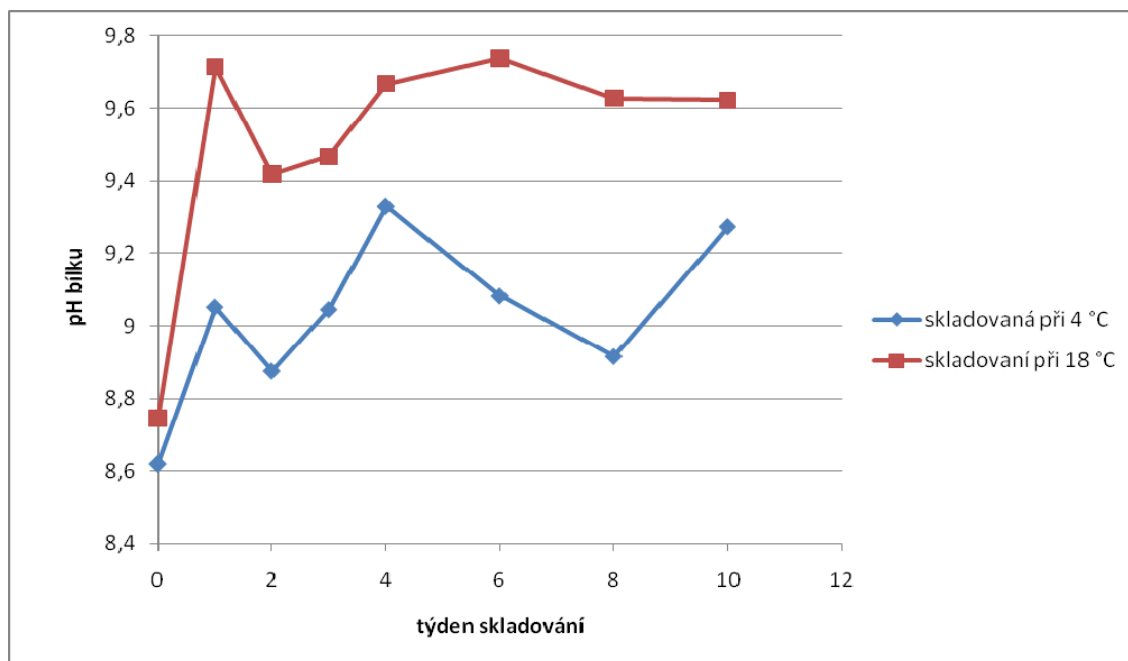
Tab. 37. Hodnocení průkaznosti výsledků procentuálního podílu skořápky z hmotnosti vejce při skladovací teplotě 18 °C testem rozdílnosti dvojic na hladině pravděpodobnosti 5 %.

týden skladování	týden skladování							
	0	1	2	3	4	6	8	10
0		S	S	S	S	R	R	R
1			S	S	S	R	R	R
2				S	S	S	R	R
3					S	S	R	R
4						S	S	R
6							S	S
8								S

R – statisticky průkazné, S – statisticky neprůkazné

8.8 pH bílku

V průběhu jednotlivých týdnů se pH bílku statisticky průkazně měnilo u obou skladovacích teplot (tab. 39 a 41). Statistické charakteristiky jsou uvedeny v tabulkách 38 a 40. Při skladování při 4 °C byla počáteční průměrná hodnota pH 8,62 (nejnižší průměrná hodnota pH) a na konci skladování 9,27. A nejvyšší průměrná hodnota pH byla ve 4. týdnu (9,33). V průběhu skladování pH kolísalo. Nejnižší pH bylo 8,18 v 0. týdnu a nejvyšší 9,45 ve 4. týdnu. Tedy všechny naměřené pH byly maximálně rozdílné o 1,27 u skladovací teploty 4 °C. Vyšší pH bylo naměřeno u vajec v 18 °C. Průměrné pH měly hodnoty od 8,75 (0. týden) do 9,73 (6. týden) a pH bylo v rozmezí od 8,26 (0. týden) do 9,89 (1. týden skladování). Nejvyšší nárůst pH byl zaznamenán mezi 0. a 1. týdnem a to o 0,96. Všechny hodnoty u pH vajec, které byly skladovány v 18 °C, jsou prokazatelně vyšší než hodnoty naměřené u vajec ve stejných týdnech, které byly skladovány při nižší teplotě. pH bílku se skladováním zvyšuje v důsledku ztráty oxidu uhličitého. Čím je vyšší teplota, tím rychleji se oxid uhličitý uvolňuje z vajec. CO₂ se uvolňuje až do dosažení rovnovážného stavu své koncentrace v bílku a v okolním prostředí. HANZLÍKOVÁ (2008) zjistila o něco nižší hodnoty při skladovací teplotě 18 °C. SIMEONOVÁ (1999) A HEJLOVÁ (2001), uvádí, že se pH zvyšuje až na hodnotu 9,6. Při měření byla zaznamenána hodnota až 9,89.



Obr. 14. Průměrné hodnoty pH bílku v průběhu skladování při 4 a 18 °C.

Tab. 38. Základní statistické charakteristiky pH bílku při skladovací teplotě 4 °C.

týden skladování	n	\bar{x}	s_x	v_x	x_{\min}	x_{\max}
0	15	8,62	0,21	2,47	8,18	8,96
1	15	9,05	0,13	1,44	8,79	9,2
2	15	8,88	0,13	1,48	8,5	9,04
3	15	9,04	0,09	0,97	8,79	9,15
4	15	9,33	0,09	0,92	9,06	9,45
6	15	9,08	0,09	1	8,93	9,26
8	15	8,92	0,12	1,3	8,6	9,12
10	15	9,27	0,08	0,91	9,08	9,4

Tab. 39. Hodnocení průkaznosti výsledků pH bílku při teplotě 4 °C testem rozdílnosti dvojic na hladině pravděpodobnosti 5 %.

týden skladování	týden skladování							
	0	1	2	3	4	6	8	10
0		R	R	R	R	R	R	R
1			S	S	R	S	S	R
2				S	R	R	S	R
3					R	S	S	R
4						R	R	S
6							S	R
8								R

R – statisticky průkazné, S – statisticky neprůkazné

Tab. 40. Základní statistické charakteristiky pH bílku při skladovací teplotě 18 °C.

týden skladování	n	\bar{x}	s_x	v_x	x_{\min}	x_{\max}
0	15	8,75	0,18	2,07	8,26	8,99
1	15	9,71	0,13	1,3	9,44	9,89
2	15	9,42	0,1	1,06	9,2	9,57
3	15	9,47	0,1	1,04	9,2	9,57
4	15	9,67	0,14	1,41	9,25	9,85
6	15	9,73	0,05	0,51	9,65	9,83
8	15	9,63	0,1	1,04	9,39	9,74
10	15	9,62	0,06	0,6	9,48	9,72

Tab. 41. Hodnocení průkaznosti výsledků pH bílku při skladovací teplotě 18 °C testem rozdílnosti dvojic na hladině pravděpodobnosti 5 %.

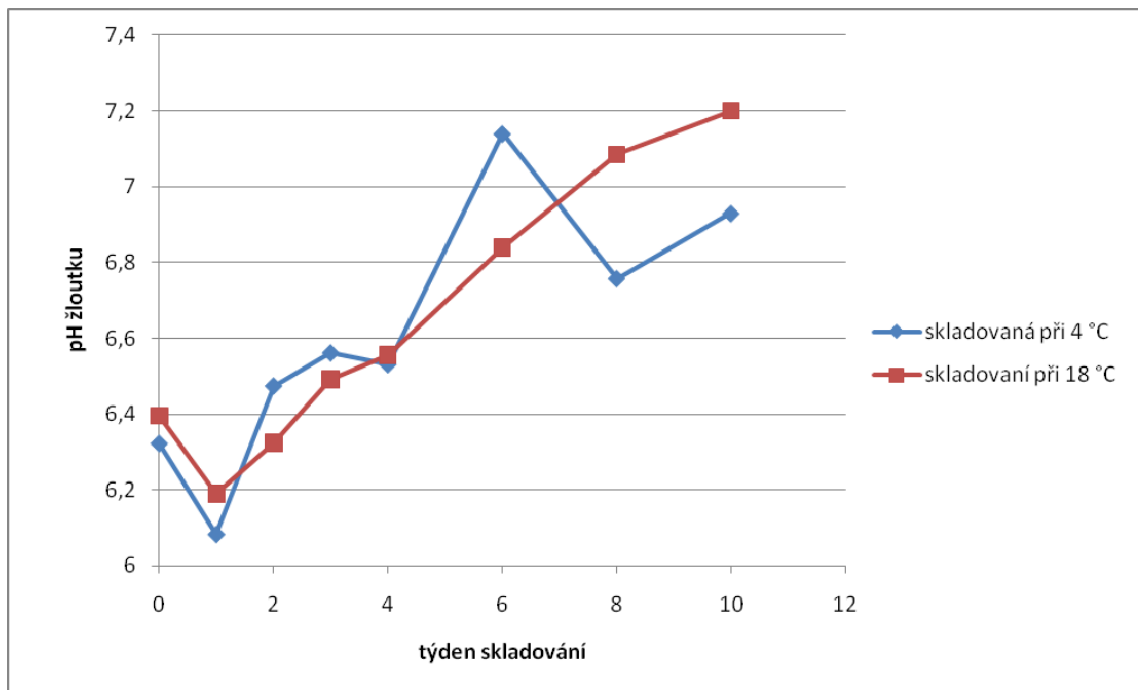
týden skladování	týden skladování							
		R	R	R	R	R	R	R
0			R	R	S	S	S	S
1				S	R	R	R	R
2					R	R	S	S
3						S	S	S
4							S	S
6								S
8								

R – statisticky průkazné, S – statisticky neprůkazné

8.9 pH žloutku

Změny pH žloutku během jednotlivých týdnů jsou znázorněny v grafu (obr. 15). Statistické charakteristiky a hodnocení průkaznosti výsledků je uvedeno v tabulkách 42 - 45. Je patrné, že pH žloutku se zvyšovalo. Průměrné hodnoty při 4 °C byly v rozmezí 6,08 až 7,14. Nejnižší pH bylo naměřeno v 1. skladovacím týdnu (5,88) a nejvyšší pH v 6. týdnu (8,44). U skladovací teploty 18 °C bylo naměřeno nejnižší pH žloutku 5,92 v 1. týdnu a nejvyšší pH 7,93 v 8. týdnu. Průměrná hodnota u čerstvých vajec v 0. týdnu byla 6,40 a v 10. týdnu 7,20. Na obr. 15 je patrné, že mezi 0. a 1. týdnem nastal výraznější pokles v pH u obou skladovacích teplot. Následně u skladování za vyšší teploty pH jen stoupalo až na hodnotu 7,20. U nižší teploty (4 °C) stoupalo pH žloutku až do 3. týdne a následovalo kolísání pH až do konce skladování vajec. HANZLÍKOVÁ (2008) zjistila nižší hodnoty pH žloutku při skladovací teplotě 18 °C. HEJLOVÁ (2001) uvádí, že pH žloutku nemá nikdy nižší hodno-

ty než 6 a během stárnutí pH žloutku mírně stoupá na hodnoty 6,3 až 6,8. Při našem měření se objevily i nižší i vyšší hodnoty.



Obr. 15. Průměrné hodnoty pH žloutku v průběhu skladování při 4 a 18 °C.

Tab. 42. Základní statistické charakteristiky pH žloutku při skladovací teplotě 4 °C.

týden skladování	n	\bar{x}	s_x	v_x	x_{\min}	x_{\max}
0	15	6,32	0,16	2,56	6,03	6,65
1	15	6,08	0,21	3,48	5,88	6,75
2	15	6,47	0,29	4,44	6,16	7,12
3	15	6,56	0,16	2,55	6,23	6,9
4	15	6,53	0,17	2,67	6,26	6,77
6	15	7,14	0,45	6,4	6,53	8,44
8	15	6,76	0,37	5,5	6,21	7,66
10	15	6,93	0,31	4,48	6,47	7,66

Tab. 43. Hodnocení průkaznosti výsledků pH žloutku při teplotě 4 °C testem rozdílnosti dvojic na hladině pravděpodobnosti 5 %.

týden skladování	týden skladování							
	0	1	2	3	4	6	8	10
0		S	S	S	S	R	R	R
1			S	R	R	R	R	R
2				S	S	R	S	R
3					S	R	S	S
4						R	S	S
6							S	S
8								S

R – statisticky průkazné, S – statisticky neprůkazné

Tab. 44. Základní statistické charakteristiky pH žloutku při skladovací teplotě 18 °C.

týden skladování	n	x	s _x	v _x	x _{min}	x _{max}
0	15	6,40	0,14	2,17	6,28	6,87
1	15	6,19	0,27	4,38	5,92	6,93
2	15	6,32	0,16	2,53	6,14	6,76
3	15	6,49	0,22	3,39	6,19	6,9
4	15	6,55	0,14	2,08	6,29	6,77
6	15	6,84	0,34	5,01	6,26	7,5
8	15	7,08	0,3	4,21	6,65	7,93
10	15	7,20	0,27	3,72	6,59	7,79

Tab. 45. Hodnocení průkaznosti výsledků pH žloutku při skladovací teplotě 18 °C testem rozdílnosti dvojic na hladině pravděpodobnosti 5 %.

týden skladování	týden skladování							
	0	1	2	3	4	6	8	10
0		S	S	S	S	R	R	R
1			S	S	R	R	R	R
2				S	S	R	R	R
3					S	S	R	R
4						S	R	R
6							S	R
8								S

R – statisticky průkazné, S – statisticky neprůkazné

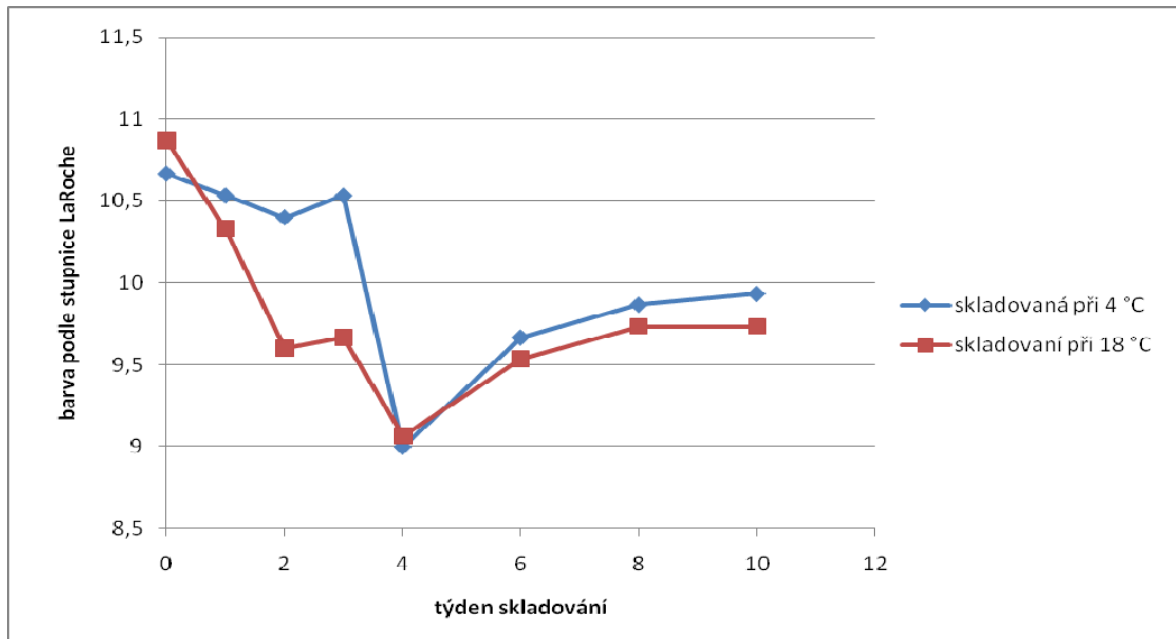
8.10 Barva žloutku

Barva žloutku se hodnotila podle stupnice La Roche. Změny barvy v průběhu skladování jsou zaznamenány v grafu (obr. 16). Statistické charakteristiky a průkaznost výsledků jsou uvedeny v tabulkách 46 – 49. Nejčastěji se barva žloutku pohybovala mezi 9 – 11 stupni stupnice La Roche. U vajec skladovaných ve 4 °C byla nejnižší hodnota barvy 8 a nejvyšší 12. U vajec uskladněných při 18 °C se hodnoty nacházely mezi stupněm 7 až 12. Po celých 10. týdnů skladování se hodnoty u barvy lišily jen nepatrně. Ani při různých teplotách skladování nebyla prokázána větší změna v barvách jednotlivých žloutků. VÍTŮ (2007) uvádí vyšší hodnoty barvy žloutků slepičích vajec, nejčastěji 11 – 13 dle stupnice La Roche. HANZLÍKOVÁ (2008) uvádí barvu žloutku v rozmezí 4 – 7 stupňů La Roche, což je výrazněji nižší údaj než v našem měření.

Barva patří mezi zajímavý parametr pro spotřebitele i hodnotitele. Hodnotitel barvy by měl mít určité sensorické schopnosti. A pro hodnocení tohoto parametru jsou důležité i podmínky měření. Nejen teplota a relativní vlhkost vzduchu jako u měření jiných jakostních parametrů, ale především osvětlení. Jestli je přirozené, umělé a jakou má osvětlení intenzitu. Také záleží na sensorických schopnostech daného hodnotitele barvy žloutku.

Některé přiřazení určité hodnoty na stupnici barev La Roche bylo náročnější. Na žloutku se vlivem stárnutí objevovalo i více barev najednou, tzv. mramorování. Na povrchu žloutku se objevovaly světlejší místa a tmavější skvrny. Je to způsobeno nerovnoměrným rozložením pigmentů v důsledku změn koncentrace vody ve vaječném obsahu. Voda z bílku difundovala během stárnutí do žloutku.

Dle většiny spotřebitelů a konzumentů vajec v ČR je rozšířena myšlenka, čím tmavší žloutek, tím je „kvalitnější“ vejce. Ale barva žloutku nijak nesouvisí s nutriční hodnotou. Barva žloutku je dána obsahem karotenoidů (barviva rozpustného v tucích), která se do žloutku dostávají z krmiva. Bohatá na karotenoidy je například kukuřice a vojtěška.



Obr. 16. Průměrné hodnoty barvy žloutku dle stupnice La Roche v průběhu skladování při 4 a 18 °C.

Tab. 46. Základní statistické charakteristiky barvy žloutku při skladovací teplotě 4 °C.

týden skladování	n	\bar{x}	s_x	v_x	x_{\min}	x_{\max}
0	15	10,67	1,14	10,64	8	12
1	15	10,53	1,02	9,72	9	12
2	15	10,40	0,95	9,16	8	12
3	15	10,53	0,62	5,87	10	12
4	15	9,00	0,89	9,94	8	11
6	15	9,67	1,07	11,12	8	11
8	15	9,87	1,08	11,02	8	12
10	15	9,93	1	10,04	8	11

Tab. 47. Hodnocení průkaznosti výsledků barvy žloutku při teplotě 4 °C testem rozdílnosti dvojic na hladině pravděpodobnosti 5 %.

týden skladování	týden skladování							
	0	1	2	3	4	6	8	10
0		S	S	S	R	S	S	S
1			S	S	R	S	S	S
2				S	S	S	S	S
3					R	S	S	S
4						S	S	S
6							S	S
8								S

R – statisticky průkazné, S – statisticky neprůkazné

Tab. 48. Základní statistické charakteristiky barvy žloutku při skladovací teplotě 18 °C.

týden skladování	n	x	s _x	v _x	x _{min}	x _{max}
0	15	10,87	0,96	8,81	9	12
1	15	10,33	0,87	8,41	9	12
2	15	9,60	1,08	11,28	8	11
3	15	9,67	0,94	9,75	8	11
4	15	9,07	0,93	10,24	7	10
6	15	9,53	0,96	10,04	8	11
8	15	9,73	0,93	9,54	8	12
10	15	9,73	0,68	6,98	9	11

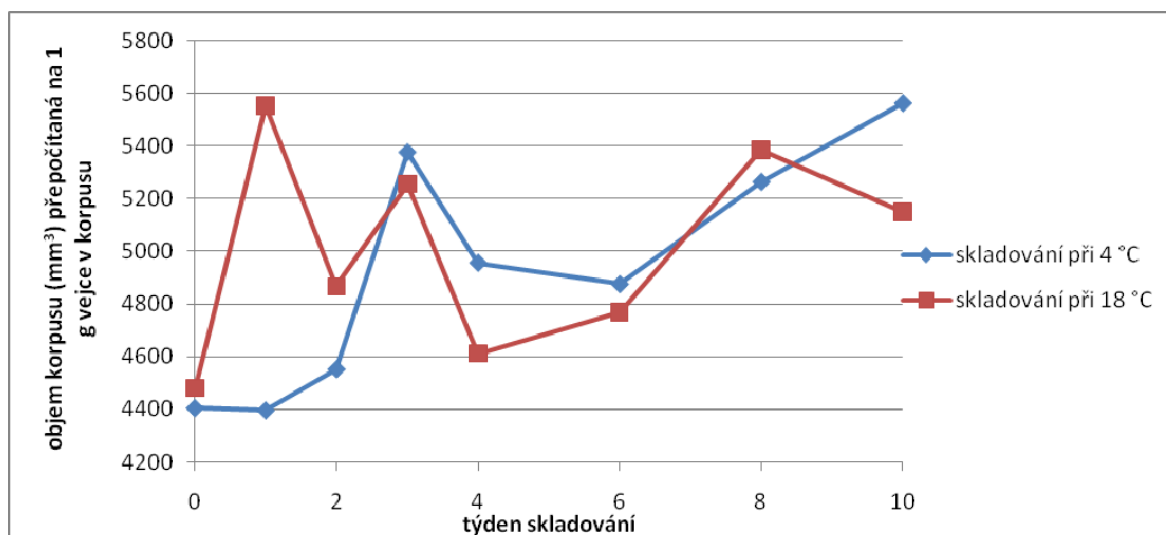
Tab. 49. Hodnocení průkaznosti výsledků barvy žloutku při skladovací teplotě 18 °C testem rozdílnosti dvojic na hladině pravděpodobnosti 5 %.

týden skladování	týden skladování							
	0	1	2	3	4	6	8	10
0		S	S	S	R	S	S	S
1			S	S	S	S	S	S
2				S	S	S	S	S
3					S	S	S	S
4						S	S	S
6							S	S
8								S

R – statisticky průkazné, S – statisticky neprůkazné

8.11 Stanovení pekařské jakosti vajec

Hodnoty se příliš neliší v průběhu celé délky skladování a nelišily se ani v porovnání mezi dvěma různými teplotami skladování. Na měření a případně i na výsledky mohlo mít vliv několik různých vlivů, jako např. stupeň přehřátí trouby, vlhkost a teplota místnosti. Hmotnost vajec nebyla určena až po rozbití vejce jen z vaječného obsahu, ale byla počítána z hmotnosti celého vejce i se skořápkou. Na skořápce vždy zůstala malá část vaječného obsahu a tím se mohly výsledky nepatrně zkreslovat. V důsledku skladování se také měnil poměr vaječného obsahu ke skořápce. Těchto několik vlivů se mohlo projevit i ve výsledcích u měření výšky a následně u výpočtu objemu korpusu. Všechny naměřené hodnoty v jednotlivých týdnech u obou teplot se od sebe příliš nelišily, ale v 1. týdnu se projevila jistá anomálie, kdy u korpusu upečeného z vajec skladovaných při 18 °C se vyskytla výrazněji vyšší výška než u vajec skladovaných za chladírenských podmínek. Tato hodnota mohla být ovlivněna některým z faktorů, které jsou uvedeny výše. Mírnou vzrůstající tendenci křivek mohl mít na svědomí bílek a změny jeho pH. Podle HEJLOVÉ (2001) je při vyšším pH pěna bílku trvanlivější. Při porovnání vzhledu jednotlivých korpusů (příloha 1: Fotky piškotových korpusů) si lze povšimnout, že korpusy z vajec skladovaných ve vyšší teplotě mají většinou zvrásnělý povrch. Po sensorické stránce vejce ve stáří šesti a více týdnů před upečením nevykazovala nepříjemný pach, ale po upečení nebyla vůně korpusů již tak příjemná jako v prvních týdnech pečení.



Obr. 17. Průměrné hodnoty objemu korpusů (mm³) přepočítané na 1 gram vejce v korpusu u průběhu skladování při 4 a 18 °C.

8.12 Mikrobiologický rozbor vajec

Mikrobiologický rozbor byl hodnocen až po uplynutí data pro minimální trvanlivost vajec. Celkem byl rozbor proveden třikrát a to v 6., 8. a 10. týdnu skladování vajec při teplotě + 4 °C a + 18 °C. Mikroorganismy byly zjišťovány jak na skořápce, tak v melanzí vajec. Každý týden byly hodnoceny dvě vejce z vajec skladovaných při 4 °C a dvě vejce, které byly uchovávané při 18 °C. Každý stěr ze skořápky i vzorek z melanzě byl po 24 hodinové inkubaci pipetován na dvě misky. V tabulkách můžeme vidět počet kolonií na miskách po 24 hodinové inkubaci při 37 °C na půdách XLD a ENDO. Půda XLD je selektivní půdou pro Salmonely a půda ENDO je selektivní půdou pro koliformní bakterie. Za všechny tři týdny mikrobiologického rozboru se nepodařilo ve vejcích prokázat bakterie rodu *Salmonella*, ani koliformní bakterie jako například *Escherichia coli*. Jen v jednom týdnu byl na Petriho miskách s půdou XLD i ENDO agarem nárůst bakterií a to v 6. týdnu skladování u vejce skladovaného v lednici při 4 °C. Misky byly přerostlé koloniemi z napipetované melanzě. Bakterie zalkalizovaly půdu XLD svými metabolity tak, že půda změnila místy barvu z červené na žlutou. ENDO agar změnil také barvu ze světle růžové na tmavou. Přerostlou bakterií na obou půdách byl pravděpodobně *Proteus*. O salmonelu se nejednalo, ta vytváří na půdě XLD růžové kolonie s černým středem.

Salmonely ani koliformní bakterie nebyly prokázány na skořápce vajec ani v melanzí 6., 8. a 10. týdnu skladování vajec. Skladovací teploty 4 ani 18 °C nejsou pro tyto mikroorganismy ideální. Proto, i kdyby byly na skořápce i ve vejcích nějaké salmonely, pravděpodobně by zahynuly.

8.12.1 Stanovení mikroorganismů na skořápce vajec

Tab. 50. Počet kolonií mikroorganismů zjištěných ze stěru na půdě XLD – selektivní pro salmonely.

týden	skladovací teplota vajec [°C]	počet kolonií z 1. vzorku vejce na XLD		počet kolonií z 2. vzorku vejce na XLD	
		1.miska	2. miska	1. miska	2. miska
6	4	0	0	0	0
	18	0	0	0	0
8	4	0	0	0	0
	18	0	0	0	0
10	4	0	0	0	0
	18	0	0	0	0

Tab. 51. Počet kolonií mikroorganismů zjištěných ze stěru na půdě ENDO – selektivní pro koliformní bakterie.

týden	skladovací teplota vajec [°C]	počet kolonií z 1. vzorku vejce na ENDO		počet kolonií z 2. vzorku vejce na ENDO	
		1.miska	2. miska	1. miska	2. miska
6	4	0	0	0	0
	18	0	0	0	0
8	4	0	0	0	0
	18	0	0	0	0
10	4	0	0	0	0
	18	0	0	0	0

8.12.2 Stanovení mikroorganismů v melanži

Tab. 52. Počet kolonií mikroorganismů zjištěných z melanže na půdě XLD – selektivní pro salmonely.

týden	skladovací teplota vajec [°C]	počet kolonií z 1. vzorku vejce na XLD		počet kolonií z 2. vzorku vejce na XLD	
		1.miska	2. miska	1. miska	2. miska
6	4	0	0	0	0
	18	0	0	0	0
8	4	0	0	kontaminováno bakterií <i>Proteus</i>	kontaminováno bakterií <i>Proteus</i>
	18	0	0	0	0
10	4	0	0	0	0
	18	0	0	0	0

Tab. 53. Počet kolonií mikroorganismů zjištěných z melanže na půdě ENDO – selektivní pro koliformní bakterie.

týden	skladovací teplota vejce [°C]	počet kolonií z 1. vzorku vejce na ENDO		počet kolonií z 2. vzorku vejce na ENDO	
		1.miska	2. miska	1. miska	2. miska
6	4	0	0	0	0
	18	0	0	0	0
8	4	0	0	kontaminováno bakterií Proteus	kontaminováno bakterií Proteus
	18	0	0	0	0
10	4	0	0	0	0
	18	0	0	0	0

ZÁVĚR

Diplomová práce byla zaměřena na sledování změn jakostních parametrů slepičích vajec během skladování. Jakostní parametry jsou důležitým ukazatelem čerstvosti a kvality vajec.

Na začátku měření bylo k dispozici 360 kusů vajec, které byly stejného stáří. Tyto vejce pak byly rozděleny na dvě poloviny a sledovány při dvou rozdílných skladovacích teplotách. Teplota 4 °C byla zvolena tak, aby vystihovala chladírenské skladování. A teplota 18 °C je teplota, která je hraniční teplotou dle platné legislativy pro skladování vajec. V průběhu skladování v 0., 1., 2., 3., 4., 6., 8. a 10. týdnu byly hodnoceny, vždy u 15 vzorků, následující parametry: pH bílku, pH žloutku, úbytek hmotnosti vejce, Haughovy jednotky, index bílku, index žloutku, barva žloutku dle stupnice La Roche a procentuální zastoupení žloutku, bílku a skořápky. Dále byly hodnoceny pekařské vlastnosti vajec během stárnutí, konkrétně výška a objem piškotového korpusu po upečení. V 6., 8. a 10. týdnu byl proveden i mikrobiologický rozbor vajec zaměřen na bakterie rodu *Salmonella* a koliformní bakterie, které by mohly být u vajec přítomny. Z obou dvou skladovacích teplot byly, pro zjištění mikrobiologické nezávadnosti vajec, odebrány dva vzorky vajec.

Zvyšující se úbytek hmotnosti během týdnů byl dán vysycháním vajec, rychlostí proudícího vzduchu, propustností skořápky a množstvím pórů. Na úbytek hmotnosti měla prokazatelný vliv především teplota skladování.

Na pokles Haughových jednotek v průběhu skladování měla výrazný vliv délka skladování i teplota skladovacího prostředí. U chladírensky skladovaných vajec byl hustý bílek patrný a dobře měřitelný i v 10. týdnu. U vajec skladovaných při 18 °C hustý bílek postupem času ztrácel své charakteristické obrysy a tvar po rozklepnutí vejce a roztékal se. U některých vajec takto skladovaných nebyl hustý bílek dobře rozeznatelný od ostatního bílku již od 2. týdne skladování.

Žloutek úplně čerstvého vejce po rozbití a vylití vaječného obsahu na vodorovnou podložku má téměř polokulovitý tvar a čím je vejce starší, tím je žloutek nižší a širší. Tvar žloutku je závislý na pevnosti a elasticitě žloutkové membrány, která se stárnutím snižuje. Proto žloutek starších vajec je nižší a má i nižší index tvaru, což se potvrdilo i v tomto měření. Poslední týdny měření indexu žloutku byly manuálně obtížnější než první týdny při skladovací teplotě 18 °C, protože ne u každého rozbitého vejce se podařilo vaječný obsah do-

stat na vodorovný táč tak, aby žloutek i se žloutkovou membránou zůstal neporušen a byl měřitelný výškoměrem. U spousty vajec se smíchal žloutek s bílkem již při rozbití skořápky a takto poškozené vejce bylo pro měření indexu žloutku a následně i pro měření váhy žloutku a jeho pH nepoužitelné. Index žloutku je také jedním z ukazatelů kvality a čerstvosti vajec, ale pokud se vejce uchovává v chladu, tak po 10. týdnech skladování nelze podle žloutku rozeznat, že se jedná už o relativně staré vejce s prošlou lhůtou minimální trvanlivosti.

Teplota měla výrazný vliv i na pokles indexu bílku. A po dlouhodobém skladování index bílku výrazně klesal.

K úbytku v hmotnosti bílku docházelo kvůli snaze o vyrovnávání osmotického tlaku uvnitř vejce. Během skladování a stárnutí vajec voda z bílku přechází do žloutku a zároveň se voda z bílku odpařuje z vejce. Z vaječného obsahu se vypařuje nejen voda, ale i oxid uhličitý. Se zvyšující se teplotou se zvyšuje odpařování vody. V tomto měření se prokázalo, že teplota má na úbytek bílku z hmotnosti vejce vliv a při vyšší teplotě se více snižuje zastoupení bílku v % než u nižší teploty.

Větší změna podílu žloutku nastala při vyšší skladovací teplotě tedy při 18 °C. Voda z bílku při vyšší teplotě více pronikala do žloutku a tím se zvyšovala jeho hmotnost. Takže hmotnost navíc, která se u žloutku projevila, byla voda z bílku a procentuální hmotnost bílku se v průběhu snižovala.

Kvůli vysychání vaječného obsahu se poměr hmotnosti vaječného obsahu ke hmotnosti skořápky měnil. V důsledku úbytku vaječného obsahu během skladování se podíl skořápky zvyšoval. I když změna hmotnosti skořápky samotné nebyla tak výrazná. Na procentuální podíl skořápky má také vliv velikost vajec, chemické složení jednotlivých skořápek a individualita a stáří nosnic.

V průběhu skladování pH kolísalo. Všechny hodnoty u pH vajec, která byla skladována v 18 °C, jsou prokazatelně vyšší než hodnoty naměřené u vajec v téže týdnech, která byla skladována při nižší teplotě. pH bílku se skladováním zvyšuje v důsledku ztráty oxidu uhličitého. A čím je vyšší teplota, tím rychleji se z vajec oxid uhličitý uvolňuje.

Barva žloutku se hodnotila podle stupnice La Roche. Nejčastěji se barva žloutku pohybovala mezi 9 – 11 stupni stupnice La Roche. Po celých 10. týdnů skladování se hodnoty u barvy lišily jen nepatrně. Ani při různých teplotách skladování nebyla prokázána větší

změna v barvách jednotlivých žloutků. Barva patří mezi zajímavý parametr pro spotřebitele i hodnotitele. Na žloutku se vlivem stárnutí objevovalo i více barev najednou, tzv. mramorování. Na povrchu žloutku se tedy objevovala světlejší místa a tmavější skvrny. Je to způsobeno nerovnoměrným rozložením pigmentů v důsledku změn koncentrace vody ve vaječném obsahu. Voda z bílku difundovala během stárnutí do žloutku. Dle většiny spotřebitelů a konzumentů vajec v ČR je rozšířena myšlenka, čím tmavší žloutek, tím je „kvalitnější“ vejce. Ale barva žloutku nijak nesouvisí s nutriční hodnotou. Barva žloutku je dána obsahem karotenoidů (barviva rozpustného v tucích), která se do žloutku dostávají z krmiva.

Pekařská jakost vajec byla hodnocena pečením piškotových korpusů. Hodnoty v průběhu skladování se příliš od sebe nelišily. Na měření a případně i na výsledky mohlo mít vliv několik různých vlivů, jako např. stupeň předeřtání trouby, vlhkost a teplota místnosti. Mírnou vzrůstající tendenci křivek mohl mít na svědomí bílek a změny jeho pH. Při vyšším pH je pěna bílku trvanlivější po ušlehání.

Mikrobiologický rozbor byl hodnocen až po uplynutí data pro minimální trvanlivost vajec. Celkem byl rozbor proveden třikrát a to v 6., 8. a 10. týdnu skladování a úkolem bylo zjistit přítomnost koliformních mikroorganismů nebo salmonel. Mikroorganismy byly zjišťovány jak na skořápce, tak v melanži vajec. Během všech měření se nepodařilo ve vejcích prokázat bakterie rodu *Salmonella*, ani koliformní bakterie jako například *Escherichia coli*. Skladovací teploty 4 ani 18 °C nejsou pro tyto mikroorganismy ideální.

Souhrnně lze říci, že skladovací teplota 18 °C působí méně příznivěji na kvalitu vajec, protože se rychle snižují jejich jakostní parametry v porovnání s teplotou 4 °C.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MACCARTHY, D. *Food Focus 1*. Britain: Bath Press, 1989. 376 s. ISBN 0 902373 07 2.
- [2] ROUBALOVÁ, M. *Situační a výhledová zpráva Drůbež a vejce*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2009. 44s. ISBN 978-80-7084-811-1.
- [3] Veřejná databáze ČSÚ. Spotřeba nejdůležitějších druhů potravin na 1 obyvatele [online]. Tabulka let 2000-2007. [cit. 2010-05-02]. Dostupné z <<http://vdb.czso.cz>> .
- [4] PERLIK, C. *Historie rozvoje oboru potravinářské technologie, techniky, výživy obyvatelstva a jakosti potravin v rámci aktivit Zemědělské akademie ČR*. Praha 2006. Informační přehledy ÚZPI. dostupné z http://www.agronavigator.cz/attachments/perlin_konecny.pdf
- [5] SMETANA, M. *Vejce ako potravina*. 1. vyd. Bratislava: Príroda, 1974. 125 s. ISBN 64-025-74.
- [6] VERHOEF-VERHALLEN, E. *Encyklopedie slepic*. 1. vyd. Dobřejiovice: Rebo Production, 2003. 336 s. ISBN 80-7234-258-1.
- [7] ČSN 57 2109 *Slepičí vejce konzumní tříděná*. Praha: Český normalizační institut, 1997. 8 s.
- [8] VERHOEF, E. *Slepice*. 1. vyd. Dobřejiovice: Rebo Production, 2005. 63 s. ISBN 80-7234-404-8.
- [9] WALTERS, M. *Ptačí vejce*. 1. vyd. Praha: Knižní klub, 2007. 256 s. ISBN 978-80-242-1880-9.
- [10] STEINHAUSEROVÁ, I. a kol. *Produkce a zpracování drůbeže, vajec a medu*. 1. vyd. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita, 2003. 82 s. ISBN 80-7305-462-0.
- [11] OREL, V. *Vejce, jejich ošetřování a zpracování*. Státní nakladatelství technické literatury, 1959. 225 s.
- [12] SIMEONOVÁ, J. a kol. *Technologie drůbeže, vajec a minoritních živočišných produktů*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1999. 247 s. ISBN 80-7157-405-8.
- [13] HRABĚ, J. a kol. *Technologie potravin živočišného původu*. 1. vyd. Zlín: 2006, Univerzita Tomáše Bati. 150 s. ISBN 80-7318-405-2.

- [14] KRŮŽ, L. *Zpracování a ošetření drůbežích produktů*. Praha: Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, 1997. 29 s. ISBN 80-7105-160-8.
- [15] ETCHES, R. J. *Reproduction in poultry*. Canada, Ontario: University of Guelph, reprinted 2000. 318 s. ISBN 0851987389.
- [16] YAMAMOTO, T. a kol. *Hen Eggs. Their Basic and Applied Science*. USA: CRC Press, 1997. 204s. ISBN 0-8493-4005-5.
- [17] SCHADE, R. a kol. *Chicken Egg Yolk Antibodies, Production and Application*. Germany: SPRINGER-VERLAG, 2001. 255 s. ISBN 3-540-66679-6.
- [18] HEJLOVÁ, Š. *Hygiena a technologie vajec a vaječných výrobků*. 1. vyd. Újezd u Brna: RNDr. Ivan Straka, 2001. 72 s. ISBN 80-902775-8-6.
- [19] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin 1*. 1. vyd. Tábor: OSSIS, 1999. 352 s. ISBN 80-902391-3-7.
- [20] *Podrobný popis vejce v podélném řezu* [online]. Dostupné z: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Vejce>>. [cit. 2010-03-09]
- [21] SIMEONOVÁ, J. a kol. *Zpracování a zbožížnalství živočišných produktů*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2003. 124 s. ISBN 978-80-7157-708-9.
- [22] DAVÍDEK, J. *Chemie Potravin*. 1. vyd. Praha: 1983, SNTL. 630 s.
- [23] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin 2*. 2. vyd. Tábor: OSSIS, 2002. 288 s. ISBN 80-86659-01-1.
- [24] HEREDIA, N. a kol. *Microbiologically Safe Foods*. New Jersey: Wiley, 2009. 667 s. ISBN 978-0-470-05333-1.
- [25] SURAI, P.F. *Natural Antioxidants in Avian Nutrition and Reproduction*. First published 2002, reprinted 2003 in Nottingham (England). 615s. ISBN 1-897676-95-6.
- [26] BENEŠOVÁ, L. a kol. *Potravinářství '94*. 1. vyd. Praha: ÚZPI, 1996. 159 s. ISBN 80-85120-53-4.
- [27] MAREČEK, J. a kol. *Technika pro zpracování živočišných produktů II*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1996. 110 s. ISBN 80-7157-205-5

- [28] SOLOMON, S.E. *Egg nad eggshell quality*. Iowa in The USA in 1997. 150 s. ISBN 0-8138-2827-9.
- [29] GÖRNER, F., VALÍK, L'. *Aplikovaná mikrobiologie požívatin*. 1. vyd. Bratislava: MALÉ CENTRUM, 2004. 528 s. ISBN 80-967064-9-7.
- [30] BELITZ, H.-D., GROSCH, W., SCHIEBERLE, P. *Food Chemistry*. 4.vyd. Berlin: Springer, 2009. 1070 s. ISBN 978-3-540-69935-4.
- [31] HRABĚ, Jan a kol. *Legislativa a řízení jakosti v potravinářství*. 1. vyd. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická, 2005, 173 stran, ISBN 80-7318-314-5.
- [32] MATYÁŠ, Z., VONDRKA, K. *Podklady pro zavedení HACCP do zemědělské výroby drůbeže a vajec*. Praha: AGROSPOJ, 2000. 59 s.
- [33] HALÁSEK, M. *Označování masných výrobků, komentované znění vyhlášky č. 326/2001 Sb.* Praha: ÚZPI, 2003. 50 s. ISBN 80-7271-127-x.
- [34] DAVIDSON, A. *Food*. 2. vyd. Published in the USA by Oxford University, press in New York, 2006. 907 s. ISBN 0-19-280681-5.
- [35] Nařízení komise (ES) č. 589/2008 ze dne 23. června 2008, kterým se stanoví prováděcí pravidla k nařízení Rady (ES) č. 1234/2007, pokud jde o obchodní normy pro vejce.
- [36] *Potravinářský zpravodaj*. List Potravinářské komory České republiky. Článek „Mokrá“ kuřata a vejce nebereme, vracíme. Praha: AGRAL, číslo 12, ročník IX. 9. prosince 2008. ISSN 1801-9110.
- [37] MOLATOVÁ, Z. článek *Termofilní Campylobacter – (ne)známá bakterie?* v časopise *Potravinářská revue - odborný časopis pro výživu, výrobu potravin a obchod*. Praha: AGRAL, 4/2009. ISSN 1801-9102.
- [38] BENEŠOVÁ, L. a kol. *Potravinářství VI*. 1.vyd. Praha: ÚZPI, 2000. 152 s. ISBN 80-7271-003-6.
- [39] BARDOŇ, J. článek *Bakteriální alimentární infekce* v časopise *Potravinářská revue - odborný časopis pro výživu, výrobu potravin a obchod*. Praha: AGRAL, 2/2008. ISSN 1801-9102.

- [40] CAMPBELL-PLATT, G. a kol. *Food Science and Technology*. 1. vyd. England: Blackwell, 2009. 508 s. ISBN 978-0-632-06421-2.
- [41] *Potravinářská zpravodaj*. List Potravinářské komory České republiky. Článek *S vejci nemáme problém*. Praha: AGRAL, číslo 7, ročník IX. 8. července 2008. ISSN 1801-9110.
- [42] DUBEN, J. (SVS ČR) *Potravinářská zpravodaj*. List Potravinářské komory České republiky. Článek *Salmonel je méně a ještě méně*. Praha: AGRAL, číslo 1, ročník XI. 26. ledna 2010. ISSN 1801-9110.
- [43] *Potravinářská zpravodaj*. List Potravinářské komory České republiky. Článek *O velikonoční kontrole vajec*. Praha: AGRAL, číslo 4, ročník X. 26. května 2009. ISSN 1801-9110.
- [44] ALLEONI, a kol. *Haug Units As A Measure Of The Duality Of Hen Stored Under Refrigeration*. *Sciencia Agricola*, 2001. ISSN 0103-9016.
- [45] ČSN EN ISO 6579 *Mikrobiologie potravin a krmiv – Horizontální metoda průkazu bakterií rodu Salmonella*. Český normalizační institut, 2003.
- [46] TŮMOVÁ, E. *Vliv systému ustájení a výživy na kvalitu masa a vajec drůbeže*. Praha: Výzkumný ústav živočišné výroby, 2007.
- [47] HANZLÍKOVÁ, J. *Jakostní kritéria vajec při skladování*. Diplomová práce, MZLU Brno, 2008. 70 s.
- [48] VÍTŮ, R. *Vliv parametrů skladování na jakost vajec*. Diplomová práce, MZLU Brno, 2007. 60 s.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

HU	Haughovy jednotky.
RVS	Modified Rappaport Vassiliadis Medium.
XLD	Xylose-Lysine Deoxycholate Agar.
SVS	Státní veterinární správa
HACCP	Analýza kontrolních kritických bodů

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Podrobný popis vejce v podélném řezu	18
Obr. 2. Dynamika kampylobakteriózy a salmonelózy v ČR v letech 1999 – 2008	39
Obr. 3. Fotka z měření výšky žloutku.....	43
Obr. 4. Fotka z měření šířky žloutku.....	43
Obr. 5. Stupnice barev dle La Roche.....	45
Obr. 6. Průměrné hodnoty úbytku hmotnosti vajec [%] v průběhu skladování při 4 a 18 °C	49
Obr. 7. Průměrné hodnoty HU v průběhu skladování při 4 a 18 °C	52
Obr. 8. Průměrné hodnoty indexu žloutku v průběhu skladování při 4 a 18 °C	54
Obr. 9. Průměrné hodnoty indexu bílku v průběhu skladování při 4 a 18 °C.....	57
Obr. 10. Průměrné hmotnosti procentuálního podílu bílku z hmotnosti vejce v průběhu skladování při 4 a 18 °C	59
Obr. 11. Průměrné hmotnosti procentuálního podílu žloutku z hmotnosti vejce v průběhu skladování při 4 a 18 °C	61
Obr. 12. Fotografie skořápky z 8. týdne měření.....	64
Obr. 13. Průměrné hmotnosti procentuálního podílu skořápky z hmotnosti vejce v průběhu skladování při 4 a 18 °C	64
Obr. 14. Průměrné hodnoty pH bílku v průběhu skladování při 4 a 18 °C	67
Obr. 15. Průměrné hodnoty pH žloutku v průběhu skladování při 4 a 18 °C	69
Obr. 16. Průměrné hodnoty barvy žloutku dle stupnice La Roche v průběhu skladování při 4 a 18 °C	72
Obr. 17. Průměrné hodnoty objemu korpusů (mm ³) přepočítané na 1 gram vejce v korpusu v průběhu skladování při 4 a 18 °C	74

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Složení slepičího vejce	19
Tab. 2. Složení lipidů slepičího vejce	19
Tab. 3. Základní chemické složení vaječného obsahu u různých druhů drůbeže v %	20
Tab. 4. Průměrná hmotnost vajec různých užitkových ptačích druhů	20
Tab. 5. Hmotnostní třídění vajec	21
Tab. 6. Poměr skořápky : žloutku : bílku u různých druhů drůbeže	21
Tab. 7. Kvalita vajec po 28 dnech při různých teplotách	29
Tab. 8. Kriteria kvality vajec	34
Tab. 9. Požadavky pro jednotlivé třídy jakosti	35
Tab. 10. Základní statistické charakteristiky pro úbytek hmotnosti vajec [%] při skladovací teplotě 4 °C	50
Tab. 11. Hodnocení průkaznosti výsledků úbytku hmotnosti vajec [%] při skladovací teplotě 4 °C testem rozdílnosti dvojic na hladině pravděpodobnosti 5 %	50
Tab. 12. Základní statistické charakteristiky úbytku hmotnosti vajec [%] při skladovací teplotě 18 °C	50
Tab. 13. Hodnocení průkaznosti výsledků úbytku hmotnosti vajec [%] při skladovací teplotě 18 °C testem rozdílnosti dvojic na hladině pravděpodobnosti 5 %	51
Tab. 14. Základní statistické charakteristiky HU při skladovací teplotě 4 °C	52
Tab. 15. Hodnocení průkaznosti výsledků HU při skladovací teplotě 4 °C testem rozdílnosti dvojic na hladině pravděpodobnosti 5 %	52
Tab. 16. Základní statistické charakteristiky HU při skladovací teplotě 18 °C	53
Tab. 17. Hodnocení průkaznosti výsledků HU při skladovací teplotě 18 °C testem rozdílnosti dvojic na hladině pravděpodobnosti 5 %	53
Tab. 18. Základní statistické charakteristiky indexu žloutku při skladovací teplotě 4 °C..	55
Tab. 19. Hodnocení průkaznosti výsledků indexu žloutku při skladovací teplotě 4 °C testem rozdílnosti dvojic na hladině pravděpodobnosti 5 %	55

Tab. 20. Základní statistické charakteristiky indexu žloutku při skladovací teplotě 18 °C...	55
Tab. 21. Hodnocení průkaznosti výsledků indexu žloutku při skladovací teplotě 18 °C testem rozdílnosti dvojic na hladině pravděpodobnosti 5 %	56
Tab. 22. Základní statistické charakteristiky indexu bílku při skladovací teplotě 4 °C....	57
Tab. 23. Hodnocení průkaznosti výsledků indexu bílku při skladovací teplotě 4 °C testem rozdílnosti dvojic na hladině pravděpodobnosti 5 %	57
Tab. 24. Základní statistické charakteristiky indexu bílku při skladovací teplotě 18 °C ...	58
Tab. 25. Hodnocení průkaznosti výsledků indexu bílku při skladovací teplotě 18 °C testem rozdílnosti dvojic na hladině pravděpodobnosti 5 %	58
Tab. 26. Základní statistické charakteristiky procentuálního podílu bílku z hmotnosti vejce při skladovací teplotě 4 °C	59
Tab. 27. Hodnocení průkaznosti výsledků procentuálního podílu bílku z hmotnosti vejce při teplotě 4 °C testem rozdílnosti dvojic na hladině pravděpodobnosti 5 %	60
Tab. 28. Základní statistické charakteristiky procentuálního podílu bílku z hmotnosti vejce při skladovací teplotě 18 °C	60
Tab. 29. Hodnocení průkaznosti výsledků procentuálního podílu bílku z hmotnosti vejce při skladovací teplotě 18 °C testem rozdílnosti dvojic na hladině pravděpodobnosti 5 %..	60
Tab. 30. Základní statistické charakteristiky procentuálního podílu žloutku z hmotnosti vejce při skladovací teplotě 4 °C	62
Tab. 31. Hodnocení průkaznosti výsledků procentuálního podílu žloutku z hmotnosti vejce při teplotě 4 °C testem rozdílnosti dvojic na hladině pravděpodobnosti 5 %	62
Tab. 32. Základní statistické charakteristiky procentuálního podílu žloutku z hmotnosti vejce při skladovací teplotě 18 °C	62
Tab. 33. Hodnocení průkaznosti výsledků procentuálního podílu žloutku z hmotnosti vejce při skladovací teplotě 18 °C testem rozdílnosti dvojic na hladině pravděpodobnosti 5 %..	63
Tab. 34. Základní statistické charakteristiky procentuálního podílu skořápky z hmotnosti vejce při skladovací teplotě 4 °C	65
Tab. 35. Hodnocení průkaznosti výsledků procentuálního podílu skořápky z hmotnosti vejce při teplotě 4 °C testem rozdílnosti dvojic na hladině pravděpodobnosti 5 %.....	65

Tab. 36. Základní statistické charakteristiky procentuálního podílu skořápky z hmotnosti vejce při skladovací teplotě 18 °C	65
Tab. 37. Hodnocení průkaznosti výsledků procentuálního podílu skořápky z hmotnosti vejce při skladovací teplotě 18 °C testem rozdílnosti dvojic na hladině pravděpodobnosti 5 %	66
Tab. 38. Základní statistické charakteristiky pH bílku při skladovací teplotě 4 °C	67
Tab. 39. Hodnocení průkaznosti výsledků pH bílku při teplotě 4 °C testem rozdílnosti dvojic na hladině pravděpodobnosti 5 %	67
Tab. 40. Základní statistické charakteristiky pH bílku při skladovací teplotě 18 °C	68
Tab. 41. Hodnocení průkaznosti výsledků pH bílku při skladovací teplotě 18 °C testem rozdílnosti dvojic na hladině pravděpodobnosti 5 %	68
Tab. 42. Základní statistické charakteristiky pH žloutku při skladovací teplotě 4 °C	69
Tab. 43. Hodnocení průkaznosti výsledků pH žloutku při teplotě 4 °C testem rozdílnosti dvojic na hladině pravděpodobnosti 5 %	70
Tab. 44. Základní statistické charakteristiky pH žloutku při skladovací teplotě 18 °C	70
Tab. 45. Hodnocení průkaznosti výsledků pH žloutku při skladovací teplotě 18 °C testem rozdílnosti dvojic na hladině pravděpodobnosti 5 %	70
Tab. 46. Základní statistické charakteristiky barvy žloutku při skladovací teplotě 4 °C	72
Tab. 47. Hodnocení průkaznosti výsledků barvy žloutku při teplotě 4 °C testem rozdílnosti dvojic na hladině pravděpodobnosti 5 %	73
Tab. 48. Základní statistické charakteristiky barvy žloutku při skladovací teplotě 18 °C..	73
Tab. 49. Hodnocení průkaznosti výsledků barvy žloutku při skladovací teplotě 18 °C testem rozdílnosti dvojic na hladině pravděpodobnosti 5 %	73
Tab. 50. Počet kolonií mikroorganismů zjištěných ze stěru na půdě XLD – selektivní pro salmonely	76
Tab. 51. Počet kolonií mikroorganismů zjištěných ze stěru na půdě ENDO – selektivní pro koliformní bakterie	76

Tab. 52. Počet kolonií mikroorganismů zjištěných z melanže na půdě XLD – selektivní pro salmonely76

Tab. 53. Počet kolonií mikroorganismů zjištěných z melanže na půdě ENDO – selektivní pro koliformní bakterie77

SEZNAM PŘÍLOH

**PŘÍLOHA P I: FOTKY PIŠKOTOVÝCH KORPUSŮ
V JEDNOTLIVÝCH TÝDNECH DLE DRUHU SKLADOVÁNÍ VAJEC**

Piškotový korpus z vajec skladovaných při 4 °C v 0. týdnu



Piškotový korpus z vajec skladovaných při 18 °C v 0. týdnu



Piškotový korpus z vajec skladovaných při 4 °C v 1. týdnu



Piškotový korpus z vajec skladovaných při 18 °C v 1. týdnu



Piškotový korpus z vajec skladovaných při 4 °C v 2. týdnu



Piškotový korpus z vajec skladovaných při 18 °C v 2. týdnu



Piškotový korpus z vajec skladovaných při 4 °C v 3. týdnu



Piškotový korpus z vajec skladovaných při 18 °C v 3. týdnu



Piškotový korpus z vajec skladovaných při 4 °C v 4. týdnu



Piškotový korpus z vajec skladovaných při 18 °C v 4. týdnu



Piškotový korpus z vajec skladovaných při 4 °C v 6. týdnu



Piškotový korpus z vajec skladovaných při 18 °C v 6. týdnu



Piškotový korpus z vajec skladovaných při 4 °C v 8. týdnu



Piškotový korpus z vajec skladovaných při 18 °C v 8. týdnu



Piškotový korpus z vajec skladovaných při 4 °C v 10. týdnu



Piškotový korpus z vajec skladovaných při 18 °C v 10. týdnu

