

Změny fyzikálních vlastností vaječného bílku

Bc. Kebisová Pavlína

Diplomová práce
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav biochemie a analýzy potravin
akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Bc. Pavlína KEBISOVÁ
Osobní číslo: T09655
Studijní program: N 2901 Chemie a technologie potravin
Studijní obor: Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin

Téma práce: Změny fyzikálních vlastností vaječného bílku

Zásady pro vypracování:

1. Provést literární rešerši o vaječném bílku.
2. Určit rozptyl fyzikálních vlastností vaječného bílku.
3. Změřit změny fyzikálních vlastností vaječného bílku v důsledku stárnutí.
4. Ovlivnění fyzikálních vlastností vaječného bílku pomocí přísad.
5. Srovnání získaných poznatků s literaturou.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

- [1] MINE, Y. Egg bioscience and biotechnology. Published by John Wiley&Sons, New Jersey, 2008, s. 1 - 41. ISBN: 978-0-47003998-4.
- [2] MULLER, H.G. and TOBIN, G. Nutrition and food processing. Westport, Connecticut 1980, s. 211 - 213. ISBN: 0-85664-540-0.
- WATSON, R. R. Egg and Health Promotion. First edition, Iowa 2002, s. 157 - 161. ISBN: 0-818-2798-1.
- [3] SIMEONOVÁ, J., MÍKOVÁ, K., KUBIŠOVÁ, S., INGR, I. Technologie drůbeže, vajec a minoritních živočišných produktů. Mendlova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno 2001, s. 1 - 26. ISBN: 80-7157-405-8.
- [4] STEINHAUSEROVÁ, I., SIMEONOVÁ, J., NÁPRAVNÍKOVÁ, E., TREMLOVÁ, B. Produkce a zpracování drůbeže, vajec a medu. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Brno 2003, s. 25 - 36. ISBN: 80 - 7305 - 462 - 0.

Vedoucí diplomové práce:

doc. RNDr. Petr Ponížil, Ph.D.

Ústav fyziky a mater. inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

25. února 2011

Termín odevzdání diplomové práce:

20. května 2011

Ve Zlíně dne 21. března 2011



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



doc. Ing. Miroslav Fišera, CSc.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: Kebisová Pavlína

Obor: Technologie, hygiena a ekonomika výroby
potravin

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 užít 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


.....

³¹⁾ 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.

³²⁾ 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).

³³⁾ 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 přihlídně k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá zkoumáním fyzikálních vlastností vaječného bílku. Jsou sledovány a vyhodnocovány změny jeho chování v závislosti na čase, teplotě, zpracování a přidání různých přísad.

Klíčová slova:

Vejce, bílek, žloutek, ovoalbumin, ovotransferin, ovomukoid, lysozym, ovomucin, gel, pěna, index šlehatelnosti, index trvanlivosti pěny, hustota, viskozita, hmotnost.

ABSTRACT

The dissertation put mind to research of albumen physical properties. The changes of albumen form there are observed and evaluated depending on time, temperature, processing and addition variety of ingredients.

Keywords:

Egg, albumen, yolk of egg, ovoalbumin, ovomukoid, lysozym, ovomucin, gel, foam, whipping quality of egg white index, foam durability index, consistence, viscosity, weight.

Poděkování:

Děkuji vedoucímu diplomové práce Doc. RNDr. Petru Ponížilovi, Ph.D. za trpělivost, odborné vedení a čas, který mi věnoval. Děkuji zde také manželovi za jeho trpělivost, ochotu a pomoc během mého studia.

Prohlašuji, že jsem na bakalářské/diplomové práci pracoval(a) samostatně a použitou literaturu jsem citoval(a). V případě publikace výsledků, je-li to uvedeno na základě licenční smlouvy, budu uveden(a) jako spoluautor(ka).

Ve Zlíně

.....

Podpis studenta

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 TVORBA SLEPIČÍHO VEJCE	12
1.1 TVORBA ŽLOUTKU.....	12
1.2 TVORBA BÍLKU.....	13
1.3 TVORBA VAJEČNÝCH BLAN, VZDUCHOVÉ KOMŮRKY.....	13
1.4 TVORBA SKOŘÁPKY A KUTIKULY	14
2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ SLEPIČÍHO VEJCE.....	16
2.1 CHEMICKÉ SLOŽENÍ ŽLOUTKU.....	17
2.1.1 Proteiny	17
2.1.2 Lipidy.....	18
2.1.3 Minerální látky	19
2.1.4 Vitaminy	20
2.2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ BÍLKU.....	20
2.2.1 Voda.....	21
2.2.2 Proteiny	21
2.2.3 Lipidy.....	22
2.2.4 Sacharidy.....	22
2.2.5 Minerální látky	22
2.2.6 Vitaminy	23
3 PROTEINY VAJEČNÉHO BÍLKU.....	24
3.1 OVOALBUMIN	24
3.2 OVOTRANSFERIN.....	25
3.3 OVOMUKOID	25
3.4 LYSOZYM.....	25
3.5 OVOMUCIN	26
3.6 OVOGLOBULINY	26
4 FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI SLEPIČÍHO BÍLKU	27
4.1 POJMY DENATURACE, AGREGACE, KOAGULACE, GEL, PĚNA.....	27
4.2 TVORBA PĚNY	28
4.2.1 Index šlehatelnosti	29
4.2.2 Index trvanlivosti pěny	30
4.3 VIZKOZITA	30
II PRAKTICKÁ ČÁST	32
5 METODIKA.....	33
5.1 PRVNÍ CELEK.....	33
5.1.1 Porovnání fyzikálních vlastností sad slepičích vajec různého původu.....	33
Hmotnost, hustota celého vejce, hustota bílku	33
5.1.2 Měření kinematické viskozity bílku	34
5.1.3 Měření šlehatelnosti, indexu šlehatelnosti, indexu trvanlivosti po 30	
a 60 minutách	35
5.1.4 Závěr prvního oddílu	38

5.2	DRUHÝ ODDÍL	39
5.2.1	Závěr druhého oddílu.....	41
5.3	ZMĚNY FYZIKÁLNÍCH VLASTNOSTÍ VAJEČNÉHO BÍLKU V LIVEM ZMĚN TEPLOT	42
5.3.1	Závěr třetího oddílu	43
5.4	ČTVRTÝ ODDÍL.....	46
5.4.1	Závěr čtvrtého oddílu.....	48
6	ZÁVĚR	52
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	53
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	56
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	58
	SEZNAM TABULEK	59
	SEZNAM GRAFŮ.....	60

ÚVOD

Význam vejce je velmi rozsáhlý. Záleží na úhlu pohledu, na způsobu jeho využití.

Vejce jako zárodečná buňka nového vyvíjejícího se plodu musí obsahovat bílkoviny, sacharidy, tuky, vodu a všechny látky, bez nichž by se mládě optimálně nevyvíjelo.

U vejce využívaného jako zdroj výživy člověka, hodnotíme nejen chemické složení bílku a žloutku, ale také využitelnost a stravitelnost látek v něm obsažených.

Pekaři, kuchaři, výrobci moučníků a pracovníci v potravinářském průmyslu, si budou považovat vaječ pro jejich technologické vlastnosti, ke kterým patří zejména schopnost žloutku působit díky svému chemickému složení jako emulgátor a spojovat tak látky jinak nemísitelné. U bílku pak ocení jeho schopnost vytvářet gel a pěnu, která je tvořena díky fyzikálně chemickým vlastnostem bílkovin v něm obsažených.

Díky těmto vlastnostem se na náš trh a do domácností dostávají moučnicky, které jsou nadýchané a kypré, majonézové omáčky a různé druhy studených omáček vyrobených z majonézy, které mají široké využití při přípravě pokrmů studené kuchyně. Využití vajec v kuchyni je velmi pestré, jsou vhodné i k přípravě samostatných pokrmů.

Pro poměrně vysokou pravděpodobnost onemocnění bakterií rodu *Salmonella* je potřeba, aby pracovníci potravinářského průmyslu pečlivě dbali na dodržování hygienických zásad při používání a manipulaci s vejci. Aby se předešlo tomuto onemocnění, vyrábí se pasterovaná vejce, které se mohou využít při výrobě zmrzlin, krémů při výrobě moučníků i studených omáček.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TVORBA SLEPIČÍHO VEJCE

Slepičí vejce je tvořeno v pohlavním ústrojí slepic. Jeho vznik je rozdělen na několik fází. Nejprve se začne ve vaječniku vyvíjet zárodečná buňka zvaná oocysta. Tato buňka, která je tvořena jádrem a obalem, je uložena ve vazivovém vaku - folikulárním obale. [1]

Folikulární obal je spojen s vaječником, jímž je oocysta vyživována. Další fází vzniku vejce je tvorba žloutku, bílků, podskořápkových blan, skořápky a kutikuly. [2]

Vylíhnutému kuřeti se již po několika dnech začnou tvořit oocysty. Jejich počet během života slepice dosahuje několik set až několik tisíc. [13] Maximální počet snesených vajec dosahuje u slepic jen 1 500 ks.

Vyvíjející se kuře čerpá ze žloutku energii a všechny potřebné živiny ke svému vývoji. Bílek, který tvoří přibližně 60 % z celkové hmotnosti vejce, mu pak slouží jako zásoba vody. [13] Kvalitu a četnost snášky vajec ovlivňuje strava slepice, její věk, teplota vnějšího okolí, režim den - noc, roční období, doba pohlavní dospělosti slepice, její plemeno, váha a stres. [5]

Pokud je nosnice zdravá a není nakažena bakteriemi rodu *Salmonella*, její čerstvě snesené vejce neobsahuje mikroorganismy. Povrch vejce je chráněn blankou, která zabraňuje vpád mikroorganismů skrz póry skořápky, vaječný obsah obsahuje enzymy lysozym a ovo-transferin dříve zvaný konalbumin, které mají baktericidní vlastnosti. [6]

1.1 Tvorba žloutku

Čas potřebný k vytvoření žloutku ve vaječniku je 7 - 14 dní. Žloutková hmota začne přibývat díky zvětšenému počtu cév ve folikulárním obalu a přísunem živin. Žloutek se začne vytvářet v zárodečné buňce nerovnoměrně kolem jejího středu do tvaru podkovy. Od středu buňky se střídá vrstva světlého a tmavého žloutku. Jádro buňky je vytlačováno k povrchu, kde jeho dalším vývojem vzniká zárodečný terčík. Žloutek, který je tvořen kapalnou fází zvanou plazma a granulemi, je obalen žloutkovou membránou.

Díky stále se zvětšujícímu objemu žloutku, působí na folikul stále větší tlak. Obal folikulu slábne, až neudrží vysoký tlak žloutku a praskne. Pokud praskne v místě, kde nejsou žádné cévy, nejsou na žloutku žádné krvavé skvrny. Toto místo nazýváme stigma. [3]

Proces uvolnění žloutku z folikulu je nazýván ovulace a probíhá ve 24 hodinových intervalech. Pokud se během jedné hodiny uvolní dva žloutky, vznikne vejce dvoužloutkové.

Uvolněním žloutku je ukončena jeho tvorba, je zachyceno chlopněmi nálevky vejcovodu a následuje tvorba bílku. [3, 13]

1.2 Tvorba bílku

Bílek se vytváří ve vejcovodu, který je tvořen několika částmi.

První částí je nálevka, zvaná *infundibulum*. Je řízena hormonálně a žloutek zde setrvá 18 - 25 minut. Zde může dojít k oplodnění žloutku samčí pohlavní buňkou. Kolem žloutku se zde vytváří vnitřní hustý chalázový bílek, který chrání žloutek před mechanickým poškozením, vytváří chalázová poutka, jež jsou spojena se žloutkovou vitelinovou membránou.

Díky poutkům je žloutek udržován ve středu vejce. [1]

Druhou a nejdelší částí vejcovodu je bílkotvorná část *magnum*. Tvoří se zde řídký vnitřní bílek a hustý vnější bílek. Celkový objem hustého vnějšího bílku je přibližně 57 - 60 % z celkového objemu vaječného bílku. [13] Procentuální zastoupení se vlivem různých faktorů může měnit. Má gelovitou strukturu a i jeho úkolem je chránit žloutek před poškozením.

Poslední částí vejcovodu podílející se na tvorbě bílku je krček. Nazývaný také *isthmus*.

Je zde vytvářen řídký vnější bílek. Celková doba potřebná pro tvorbu bílků je 2,5 - 3 hodiny a je hormonálně řízena.

Další fázi ve tvorbě vejce je vytváření vaječných blan, skořápky a kutikuly. [4]

1.3 Tvorba vaječných blan, vzduchové komůrky

Podskořápkové blány *membrána testae intera* a *membrána testae externa* vznikají v krčku vejcovodu asi jednu hodinu společně s vnějším řídkým bílkem. [2]

Vnější blána tvoří základ budoucí skořápky, je pevnější než blána vnitřní. Vnitřní blána je spojena s vnějším řídkým bílkem a podléhá změnám jeho objemu.

Obě vaječné blány jsou pevné a pružné, složené z pletiva keratinových a mucinových vláken. Svými vlastnostmi doplňují pevnost ale křehkost skořápky. Skrz póry obsažené v obou blánách dochází k difuzi nebo osmóze plynů a kapalin. [1]

Jakmile je tvorba vejce dokončena a je sneseno, vlivem rozdílnosti teplot se tyto blány od sebe oddělí a vznikne vzduchová bublina, která obsahuje kyslík pro případně se vyvíjející

kuře. Teplota těla slepice je kolem 40 °C, teplota vnějšího prostředí 20 °C. V důsledku rozdílnosti teplot dojde k ochlazení vnitřní části vejce a ke zmenšení jeho objemu. [3]

1.4 Tvorba skořápky a kutikuly

V další části vejcovodu děloze - *uterus* probíhá tvorba skořápky a kutikuly. Je to poslední fáze tvorby vejce.

Skořápka - *testa* běžného vejce je hladká, hned po snášce je poloprůsvitná a postupným stárnutím se stává matnou. Kanálky na povrchu skořápky jsou propojeny s kanálky vaječných blan, díky kterým dochází k výměně plynů a vody mezi vejcem a jeho vnějším okolím. [2, 14]

Na kvalitu a barvu skořápky má vliv strava slepice, její plemeno a období snášky. Pokud nosnici chybí ve stravě vápník a vitamin D, nebo je na počátku snášky, mohou se vyskytovat ve vývoji skořápky různé anomálie. Například vejce s tenkou skořápkou, se dvěma skořápkami nebo s žádnou skořápkou, vejce různě zvrásnělým až drsným povrchem.

Důležitou vlastností skořápky je její pevnost a křehkost. Pevnost skořápky souvisí s její strukturou a tloušťkou. Skořápka je silná 0,30 mm - 0,42 mm, a v závislosti na vzrůstajícím věku nosnice se zmenšuje. Jejím úkolem je chránit vaječný obsah před mechanickým poškozením a před vpádem choroboplodných mikroorganismů do vejce. [3]

Podkladem pro tvorbu skořápky je vnější vaječná blána *membrána testae externa*. [2]

Základem skořápky je organická hmota *matrix*, která je tvořena bílkovinnými vlákny kolagenové povahy. Tato vlákna spoluutváří síť, jež je vyplněna anorganickými látkami, které z 98 % tvoří uhličitán vápenatý CaCO_3 , dále pak uhličitán hořečnatý MgCO_3 fosforečnan vápenatý $\text{Ca}_2(\text{PO}_4)_2$. Skořápka je tvořena dvěma vrstvami. Vrstvou mamilární a spongiózní. [1, 14]

Mamilární - vnitřní vrstva skořápky je tvořena kónickými výběžky sirných proteinů a mukopolysacharidů, namířenými k vnější vaječné bláně. Na vrcholech těchto výběžků dochází k mineralizaci anorganickými krystaly. Mezi těmito krystaly prochází póry.

Vrstva spongiózní je povrchovou vrstvou skořápky a na vrstvu mamilární navazuje.

Je tvořena uhličitanem vápenatým CaCO_3 , jehož krystaly vytváří sloupcovitou strukturu a směřují k vnějšímu povrchu skořápky, a vlákny matrixu, která procházejí mezi krystaly.

[1]

Tvorba skořápky trvá asi 16 - 20 hodin, a její poslední vrstvičkou je vaječná blanka *kutikula*. [3, 14]

Kutikula je 0,02 mm tenká a vazká vrstva tvořená proteiny, polysacharidy a lipidy. [13]

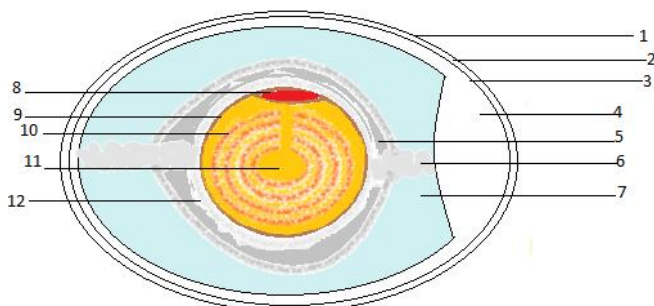
Pokrývá celý povrch vejce, ucpává póry ve skořápce a chrání tak vejce před vpádem choroboplodných zárodků a vysycháním. Současně s kutikulou jsou vylučovány pigmenty, které souvisí se zbarvením skořápky. Po snesení vejce kutikula během 2 - 3 minut zasychá, ale funkce setrvává. Proto je nevhodné vejce před skladováním omývat. [14, 15]

Poté vejce projde poslední částí vejcovodu - vaginou. [1]

Obrázek č. 1. Vznik vejce.[7, 8]



Obrázek č. 2. Struktura vejce. [7]



1 - kutikula, 2 - skořápka, 3 - papírová blána, 4 - vzduchová komůrka, 5 - hustý bílek, 6 - chalázové poutko, 7 - vnější řídký bílek, 8 - zárodečný terčik, 9 - žloutková blána, 10 - tmavý žloutek, 11 - světlý žloutek, 12 - vnitřní řídký bílek

2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ SLEPIČÍHO VEJCE

Všechna slepičí vejce mají v průměru stejný obsah chemických látek. [9]

Odlišnosti v jeho složení jsou způsobeny zejména krmivem, případně způsobem chovu. Přidá-li se do krmné směsi selen, nebo je-li krmná směs obohacena o n - 3 mastné kyseliny, přenáší se tyto látky do žloutku a tím se zvyšuje jeho nutriční hodnota. Kvalita krmné směsi ovlivňuje mimo jiné i barvu žloutku. Jeho sytější žlutá barva nemá žádnou spojitost se zvyšováním obsahu vitaminů, neboť tmavší barva žloutku je tvořena xantofyly, které nemají žádnou vitaminovou aktivitu. [12]

Majoritní složkou vejce je voda. Z celkového objemu tvoří přibližně 74 % a je obsažena nejvíce ve vaječném bílku. Sušina tvoří 26 % a jsou v ní obsaženy všechny látky důležité pro vývoj kuřecího zárodka. [9]

Sušina obsahuje plnohodnotné bílkoviny, lipidy, sacharidy, enzymy, barviva, minerální a nízkomolekulární dusíkaté látky.

Bílkoviny vejce jsou označovány jako plnohodnotné, neboť zde nechybí žádná z esenciálních aminokyselin. [3] V jednom vejci je obsaženo 7 - 8 % z celkového doporučeného denního příjmu bílkovin. Jsou zde zastoupeny téměř všechny vitaminy, chybí vitamin C. [14] Z hlediska výživy člověka je důležitá přítomnost železa, fosforu, vápníku a stopových prvků. [3, 4]

Tabulka č. 1. Procentuální vyjádření chemického složení slepičího vejce. [1, 2]

látky	obsah
voda	73,9 %
sušina	26,1 %
- proteiny	12,8 %
- lipidy	11,8 %
- sacharidy	1,0 %
- minerální látky	0,8 %

2.1 Chemické složení žloutku

Slepičí žloutek je z pohledu chemické struktury nejsložitější částí vejce. Obsahuje 50,5 - 54,5 % sušiny, ve které jsou zastoupeny z 16 - 16,6 % proteiny, z 30 - 33 % lipidy, dále sacharidy, minerální látky a vitaminy. [1, 4]

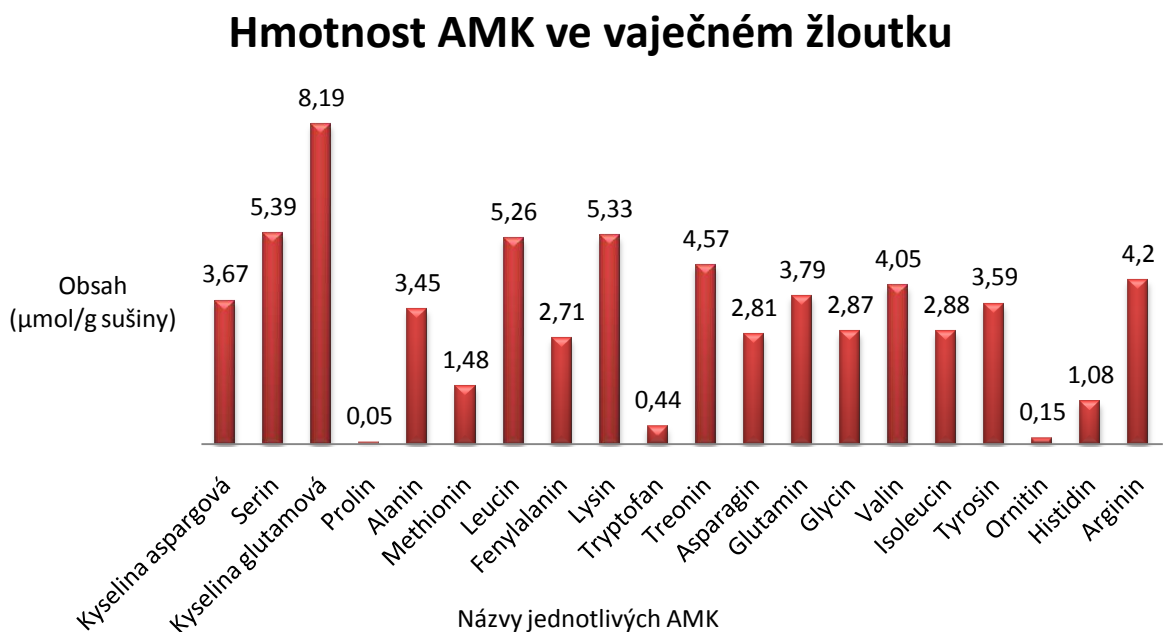
2.1.1 Proteiny

Proteiny neboli bílkoviny jsou jednou z nejdůležitějších živin ve výživě člověka. Skládají se z aminokyselinových zbytků, které jsou vzájemně vázány peptidovými vazbami. Tabulka č. 2 uvádí jednotlivé aminokyseliny obsažené v slepičím žloutku. [10]

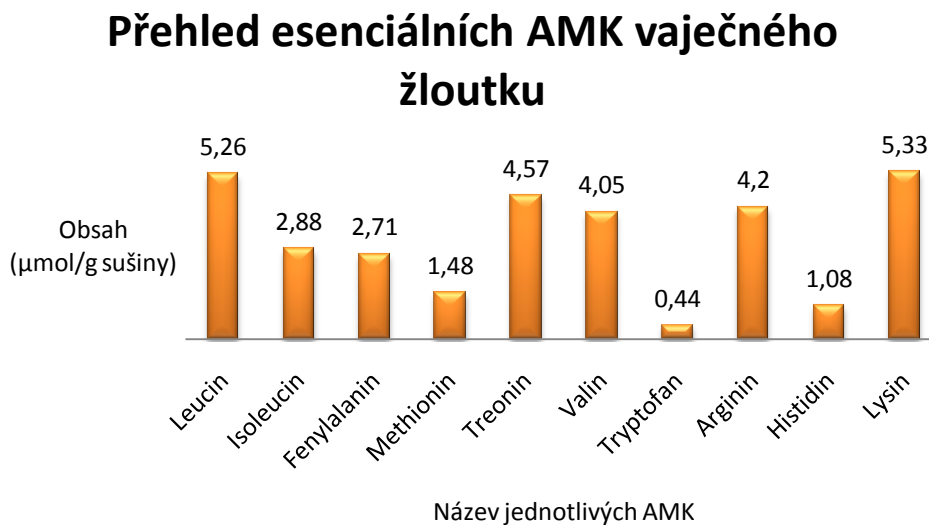
Bílkoviny vaječného žloutku jsou tvořeny glykoproteiny, lipoproteiny, glykofosfoproteiny, glykofosfolipoproteiny.

Vaječný žloutek utváří dvě fáze - kapalná plazma a granule. V plazmě jsou převážně lipovitelenin a livetin. [15] V granulích jsou hlavními proteiny lipovitelin a glykoprotein fosfitin. Většina bílkovin žloutku vytváří komplexy s lipidy a sacharidy. Mezi čisté proteiny řadíme livetiny, které se nacházejí v plazmě. Jsou tvořeny frakcemi o různé molekulové hmotnosti [17]: LDL - lipoproteiny s nízkou hustotou, VLDL - lipoproteiny s velmi nízkou hustotou, HDL - lipoproteiny s vysokou hustotou. [1, 2, 3, 9, 10, 11]

Graf č. 1. Grafické znázornění hmotnosti AMK obsažených ve žloutku. [1]



Graf č. 2. Grafické znázornění esenciálních AMK obsažených ve vaječném žloutku. [1]



2.1.2 Lipidy

Lipidy tvoří 30 - 33 % sušiny žloutku, lidský organismus je umí využít téměř bezezbytku.

66 % z celkového množství lipidů je tvořeno acylglyceroly, ve zbývající části jsou zastoupeny fosfolipidy, steroly a ve stopovém množství cerebrosidy.

Ve vaječném žloutku převládají triacylglyceroly. Monoacylglyceroly a diacylglyceroly se zejména nachází v lipoproteinové frakci HDL.

Triacylglyceroly tvoří z 30 % nasycené a ze 70 % nenasycené mastné kyseliny (MK).

Nasycené MK tvoří zejména kyselina palmitová (C 16 : 0) a kyselina stearová (C 18 : 0).

Polovinu nenasycených MK tvoří kyselina olejová (C 18 : 1). [18] Dále je nejvíce zastoupena kyselina linolová (C 18 : 2). [1, 2, 4, 9, 11].

Slepičí žloutek je významný příznivým poměrem nenasycených a nasycených MK,

zvýšeným výskytem polynenasycených MK řady n - 3 a n - 6. Jejich průměrné množství je 8 - 12 %. Polynenasycené MK řady n - 3 působí preventivně proti kardiovaskulárním a jiným onemocněním.

Obsah jednotlivých MK je ovlivněn řadou faktorů, např. krmení, plemeno. Vhodně upraveným krměním lze cíleně zvýšit podíl nenasycených MK. [1, 12].

Z fosfolipidů je nejdůležitější ovolecitin, fosfatidylcolin. [15] V jednom žloutku je obsaženo přibližně 1,6 g lecitinu (fosfatidylcholinu), který má zásadní podíl na emulzních vlastnostech žloutku.

Cholesterol obsažený ve žloutku patří do skupiny sterolů. Obsah cholesterolu v 1 kg žloutku se pohybuje v rozmezí 1 970 - 1 500 mg na 100 g jedlého podílu. Takto široký rozptyl je dán metodami, které byly při zjišťování použity, dále plemenem slepice, jejím věku, stravě a snáškovém cyklu. [1, 9, 11].

2.1.3 Minerální látky

Nejdůležitější minerální látkou obsaženou ve žloutku je fosfor, vápník a železo. Z ostatních minerálních látek je zastoupen mangan, selen, nikl, chrom, jod, síra a měď.

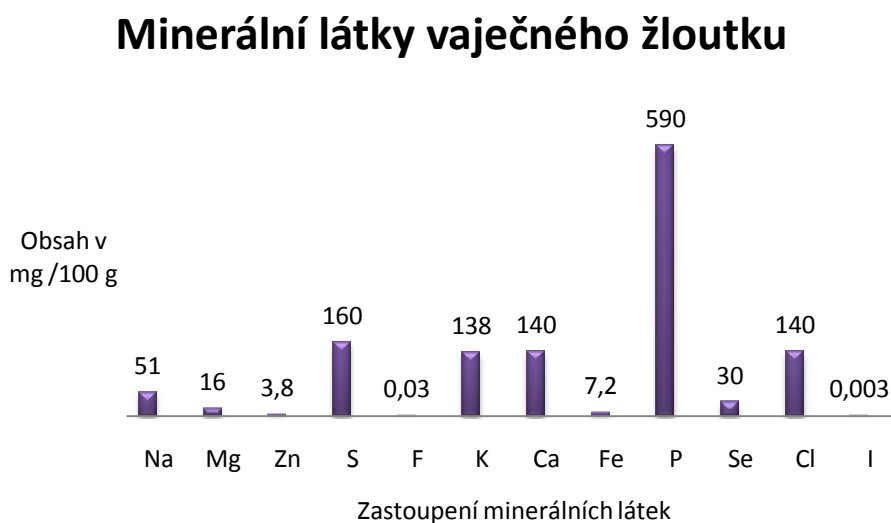
Z níže uvedeného grafu je patrné, že nejvíce zastoupeným prvkem je fosfor [18],

který je vázán v bílkovinách, zejména na bílkovinu serin. Jeho vstřebatelnost je velmi vysoká také díky přítomnosti vitamínu D. Mezi potraviny, s dobře vstřebatelným fosforem patří také mléčné výrobky a rybí maso.

I přesto, že žloutek obsahuje malé množství železa, nelze tento prvek opomenout. Pro organismus je stravitelné z 97 % a je důležité pro tvorbu krevního barviva hemoglobinu.

[1, 2, 9, 10].

Graf č. 3. Grafické znázornění minerálních látek obsažených v žloutku. [1, 9].



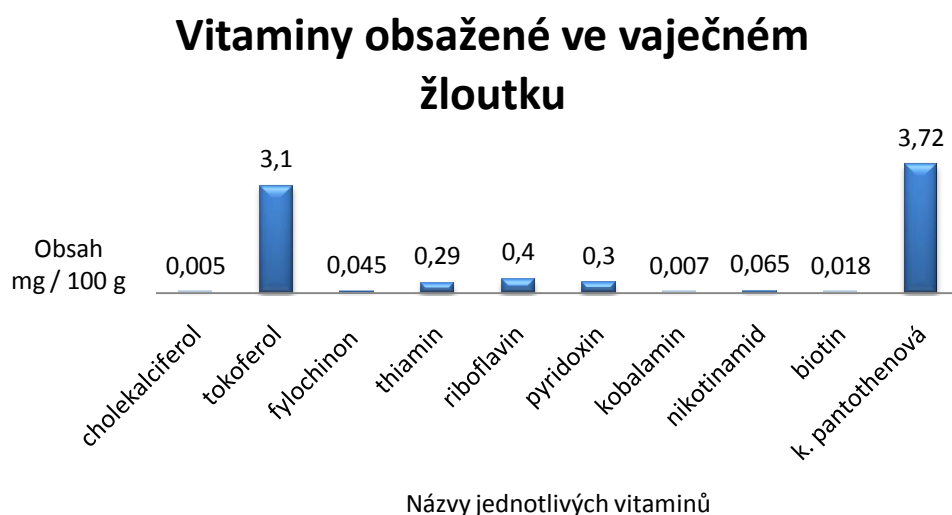
2.1.4 Vitaminy

Obsah jednotlivých vitaminů v průběhu snášky je nestejný. Ovlivňuje ho výživa nosnice, krmivo, plemeno a roční období. [2]. Jsou zde obsaženy hydrofilní vitaminy, rozpustné ve vodě a lipofilní, rozpustné v tuku. Žloutek neobsahuje vitamin C. [3, 4, 9].

Mezi vitaminy rozpustné ve vodě patří vitamin thiamin B₁, riboflavin B₂, nikotinamid (niacin) B₃, kyselina pantothenová B₅, pyridoxin B₆, kobalamin B₁₂, biotin - vitamin H, kyselina listová.

K lipofilním vitaminům řadíme vitamin retinol A, β - karoten, cholekalciferol D₃, tokoferol E a fylochinon K. [1, 2, 3, 4, 9, 18].

Graf č. 4. Grafické znázornění množství vitaminů vaječného žloutku. [1, 3].

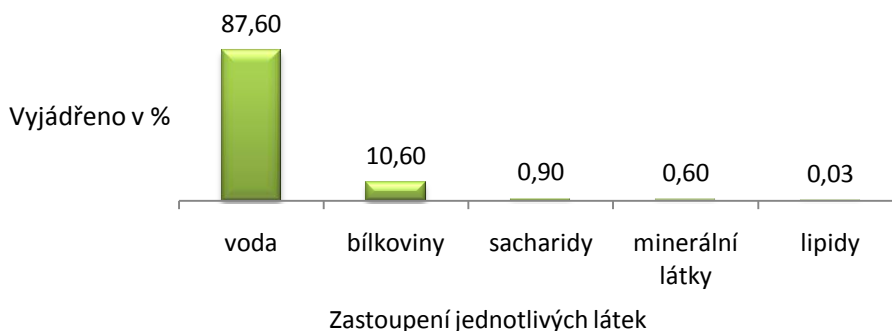


2.2 Chemické složení bílku

Bílek je tvořen z větší části vodou, [1] sušinou složenou z proteinů, lipidů, sacharidů a minerálních látek a vitaminů. [1, 9, 15] Bílek má vlivem své nejednotné struktury i odlišné chemické složení v jednotlivých částech bílku. Průměrné chemické složení bílku uvádí graf č. 5.

Graf č. 5. Grafické znázornění průměrného chemického složení vaječného bílku. [1].

Průměrné chemické složení slepičího bílku



2.2.1 Voda

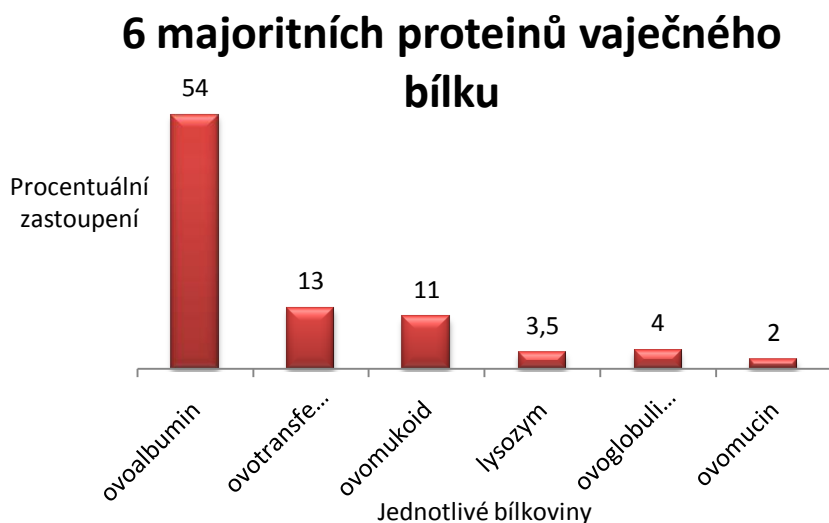
Množství vody ve slepičím bílku je ovlivněno věkem slepice, zda je na počátku snášky nebo na jejím konci a na celkovém stáří sneseného vejce. [1] Se snižujícím se obsahem vody, stoupá obsah sušiny. [9] Objem sušiny se zvětšuje směrem od vnějších částí bílku k vnitřním. Vnější řídký bílek pak může dosahovat 11,2 %, sušiny, hustý bílek 12,4 %, vnitřní řídký bílek 13,6 % a chalázou bílek 15,7 %. [2]

2.2.2 Proteiny

Bílek je koloidní roztok bílkovin. [9] Je složen z několika desítek (40) [16, 25] bílkovin, které tvoří jeho druhou nejpodstatnější část [18] a obsahuje jich více než vaječný žloutek [15] Mezi 6 majoritních proteinů patří ovoalbumin, ovotransferin, ovomukoid, lysozym, ovomucin a globuliny. [1, 2, 3, 15]

Proteiny vaječného bílku mají značný biologický a technologický význam. Této problematice bude věnována pozornost v dalších kapitolách.

Graf č. 6. Grafické znázornění procentuálního zastoupení 6 minoritních proteinů vaječného bílku. [1, 24]



2.2.3 Lipidy

Z grafu číslo 5 vyplývá, že slepičí bílek obsahuje jen 0,03 % tuku, [1] nebo jen stopy. [3, 15]

2.2.4 Sacharidy

Obsah sacharidů v bílku je udáván od 0,9 % [1, 3] do 1,5 %. [9]

Z celkového množství sacharidů je 0,4 % glukózy ve volné formě a ostatní sacharidy jsou ve formě vázané. [2, 9] Zbývající množství sacharidů (galaktóza, manóza, glukosamin a galaktózamin) je kovalentně vázáno v glykoproteinech. [1]

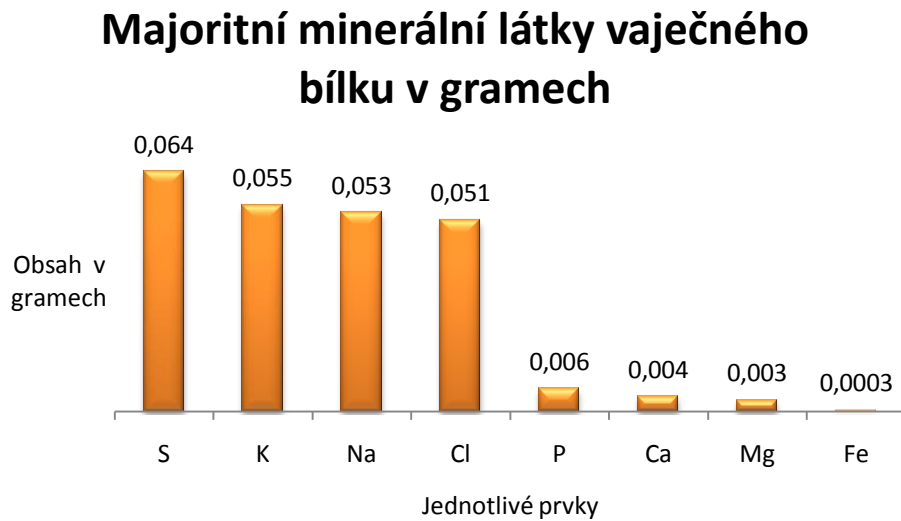
Z technologického hlediska je přítomnost glukózy nežádoucí. Účastní se Maillardovy reakce s bílkoviny, a vytváří při technologické úpravě sušením nežádoucí hnědé zbarvení bílku. [3, 14]

2.2.5 Minerální látky

Ve slepičím bílku jsou minerální látky zastoupeny v rozmezí od 0,2 % [9] 0,6 % [1] do 0,95 %. [1, 2]

Přítomen je sodík, hořčík, železo, fosfor, selen, brom, draslík, vápník, mangan, zinek, síra, chlor, jod. [2, 14] Majoritní prvky sodík a síra jsou vázány v aminokyselinách. [3] Procentuální přehled uvádí graf č. 7.

Graf č. 7. Grafické znázornění zastoupení majoritních minerálních látek vaječného bílku v gramech. [9]



2.2.6 Vitaminy

Vitaminy vaječného bílku řadíme mezi vitaminy rozpustné ve vodě. Tvoří je zejména riboflavin B₂, niacin B₃ a biotin - vitamin H. [15, 18] V nepatrném množství je obsažena kyselina pantotenová B₅ a kyselina listová. [24]

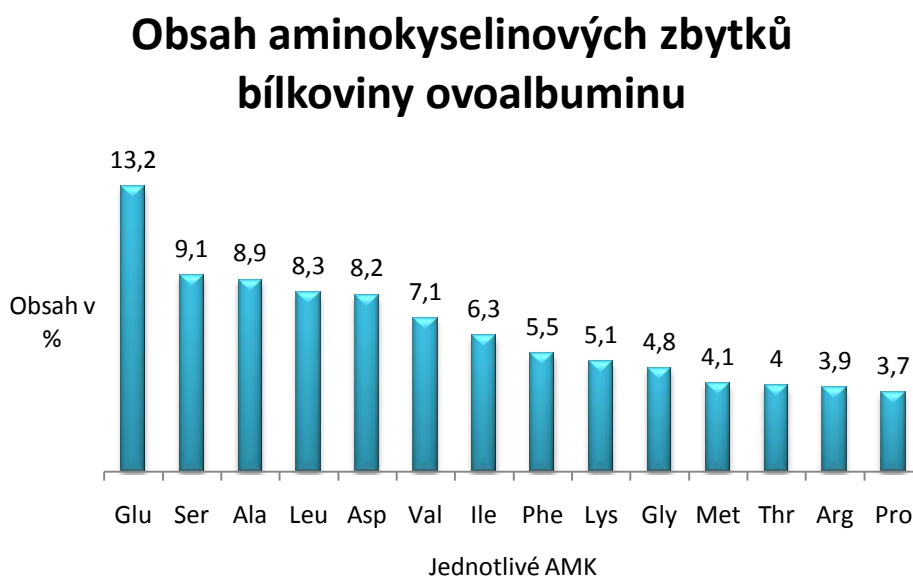
3 PROTEINY VAJEČNÉHO BÍLKU

3.1 Ovoalbumin

Při pohledu na graf číslo 6 je patrné, že ovoalbumin je nejvíce zastoupenou bílkovinou vaječného bílku. [1, 2, 3, 15, 24] Patří do skupiny fosfoglykoproteinů, má tedy ve svém řetězci vázanou kyselinu fosforečnou a sacharidy. [10] Pro jeho snadnou rozpustnost ve vodě je řazen do skupiny albuminů. [10] Je tvořen třemi frakcemi, z nichž dvě obsahují fosfátovou skupinu. Molekula ovoalbuminu se skládá z 385 AMK, jež jsou rozděleny na část hydrofobní a hydrofilní. [1] V průběhu skladování se molekula ovoalbuminu mění [10] z tzv. N - ovoalbuminu na S - albumin [1], který lépe odolává působení tepla.

Na jeho termostabilitu má vliv pH, nejodolnější je při pH 6,5 - 7,0. [1] Jeho denaturace nastává od teploty 57,0 °C [3] a koagulace při 64 °C. [3, 9] Jeho izoelektrický bod je při pH 4,58. [3] Ovoalbumin se spolu s glukózou účastní Maillardovy reakce - reakce neenzymového hnědnutí. [1] Poprvé byl izolován v roce 1889 a počátkem 20. století byla metoda izolace vylepšena. [20]

Graf č. 8. Grafické znázornění 14 nejvíce zastoupených aminokyselinových zbytků v molekule ovoalbuminu. [10]



3.2 Ovotransferin

Dříve byla tato bílkovina nazývána konalbumin. V bílku tvoří 12 % [24] - 13 %, je druhým nejvíce zastoupeným proteinem. [1, 21] Patří do skupiny glykoproteinů, které ve svém řetězci neobsahují fosfor. [1, 10] Jednotlivé sacharidy se v ovotransferinu navzájem liší a jsou spojeny kovalentní vazbou. [1, 2, 3]

Denaturace ovotransferinu probíhá od teploty 53 °C, je nejméně termostabilní. [1, 3, 10] Denaturační teplotu lze zvýšit o několik °C díky jeho schopnosti vázat kationty kovů Fe^{3+} , Al^{3+} , Zn^{2+} , Mn^{2+} , Cu^{2+} . [1, 24] Kationty železa dávající ovotransferinu při hodnotě pH > 6 růžové zbarvení [1] jsou v tomto komplexu nedostupné pro mikroorganismy *Escherichia coli* a *Schigella* [1, 21], které jsou původci alimentárního onemocnění.

Tato bílkovina má nejlepší šlehatelné vlastnosti ze všech vaječných proteinů. Tato vlastnost se vlivem zvyšující se teploty ztrácí. [1]

3.3 Ovomukoid

Tento fosfoglykoprotein se ve vaječném bílku nachází v množství 11 %, [1, 3] je mu přisuzován největší podíl sacharidů v celkovém množství 25 - 30 %. [1, 9] Zásadní vlastností tohoto proteinu je schopnost inhibovat proteolytické enzymy, zejména pak enzym trypsin. [1, 10] Tuto schopnost ztrácí vlivem tepelné denaturace, ke které dochází až při teplotě vyšší než 80 °C. [1, 2, 3] Je označován jako velmi rezistentní vůči tepelnému záhřevu. [1]

Izoelektrický bod ovomukoidu je při pH 4,3. [9]

3.4 Lysozym

Protein lysozym patří k šesti významným bílkovinám vaječného bílku. Zaujímá zde 3,4 % [24] - 3,5 % z celkového objemu bílkovin. Jeho polypeptidový řetězec je tvořen 129 AMK. [1, 2]

Lysozym má ve vejci ochrannou funkci žloutku, [15, 16] vyvíjejícího se plodu, který nemá vytvořeny vlastní ochranné imunoglobuliny. Účinek této ochrany spočívá ve schopnosti lyzovat buněčné stěny G^+ a G^- bakterií, [1, 2] zejména rodů *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Staphylococcus* a *Clostridium*. Tyto bakterie do vejce prostupují směrem od vnější části skořápky. Lytická schopnost lysozymu je negativně ovlivňována zvyšující se skladovací teplotou od 20 °C. V kyselém a neutrálním prostředí odolá záhřevu na 100 °C po dobu 30 - 60 vteřin. [1]

3.5 Ovomucin

Vaječný bílek obsahuje ovomucinu jen 2 - 4 %, [1, 22, 24] který patří do skupiny glykoproteinů. [25] V hustém bílku se nachází ve 2 - 4 x větším množství [22] než v řídkém bílku. Hustému bílku dává hustou gelovou konzistenci, [23] nachází se v nerozpustné formě. [1] Rozpustná forma ovomucinu je součástí řídkého bílku. Dále je ovomucin obsažen v chalázových poutkách i vitelinové bláně žloutku. [1, 22]

Syrový ovomucin je složen ze dvou podjednotek α a β , [22, 23, 25] které se liší různými sekvencemi AMK [22] i molekulovou hmotností. [1] α - ovomucin je složen z 2087 AMK, je tvořen 91 % bílkovin a 9 % sacharidů. β - ovomucin tvoří 820 AMK. [22, 23] V důsledku delšího skladování dochází ke štěpení oligosacharidů, [1] β - ovomucin tvořící komplex s lysozymem při pH 9 -9,5 disociuje a ztrácí svou hustotu a konzistenci. [1, 23] Ovomucin koaguluje při 75 °C [3, 9], jeho šlehatelnost ovlivňuje přítomná kyselina sialová. Kyselina sialová způsobuje polymeraci. Jejím odštěpením se zvyšuje šlehatelnost, snižuje stabilita pěny a zhoršují se emulgační vlastnosti. [1]

3.6 Ovoglobuliny

Ovoglobuliny tvoří 4% z bílkovin vaječného bílku. Pomocí elektroforézy [9, 25] bylo zjištěno, že jsou tvořeny třemi frakcemi: G_1 , G_2 a G_3 . [1, 23, 25] Frakce G_1 se ztotožňuje s proteinem lysozymem. [1, 3, 9, 25]

U frakcí G_2 a G_3 nebyly prokázány inhibiční vlastnosti. [25] Tyto glykoproteiny mají podobné složení i vlastnosti. [1] Koagulují při teplotě 80 °C, [9] a velmi dobře tvoří pěnu. [1]

4 FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI SLEPIČÍHO BÍLKU

Vzhledem k odlišnému chemickému složení slepičího žloutku a bílku, mají také odlišné fyzikální vlastnosti.

Z technologického hlediska jsou u žloutku sledovány tyto vlastnosti: struktura, barva, bod koagulace bílkovin, bod mrznutí, viskozita. U bílku se sledují tyto technologicky nejdůležitější vlastnosti: struktura bílku, bod koagulace bílkovin, bod mrznutí, tvorba gelu a pěny. [3]

4.1 Pojmy denaturace, agregace, koagulace, gel, pěna

Pojmem denaturace vyjadřuje děj, při kterém se uspořádaná struktura proteinů [11, 19] a sacharidů [19] mění ve strukturu neuspořádanou. Během tohoto procesu se rozpadají kovalentní vazby a vytváří se trojrozměrná struktura, [19] díky které nově vzniklé sloučeniny mohou vázat vodu. [11] K denuraci dochází působením různých fyzikálních mechanismů, jako je míchání, šlehání nebo tepelný záhřev, v důsledku chemických změn a povrchového napětí. [11, 16, 19, 28] Denaturované proteiny ztrácejí svou biologickou aktivitu. [11, 19] Změny bílkovin způsobené denurací jsou obvykle ireverzibilní a jsou provázeny agregací proteinů. [11]

Agregace je proces, během něhož dochází k interakci mezi samotnými bílkovinami. [11] V důsledku toho vznikají proteiny o velké molekulové hmotnosti. [11] Tyto polymery ztrácí schopnost vázat v řetězci vodu. [11]

Koagulace je forma agregace, kdy dochází k integraci mezi jednotlivými polymery, nebo polymerem a rozpouštědlem. [19]

Gel vzniká při agregaci, kdy se vytváří trojrozměrná struktura proteinů. Do nově vzniklého řetězce se mohou vázat lipidy i vodné roztoky. Tvorbu gelu ovlivňuje teplota, koncentrace proteinů i pH. [19]

Pěna je dvoufázová dispersní soustava, ve které je dispergovanou fází vzduch a povrchovou fází tenká vrstva denaturovaných proteinů. Při tvorbě pěny dochází k prostorovým změnám proteinů. Na povrch vystupují hydrofobní skupiny bílkovin, které se před denurací nacházely uvnitř molekuly. [19]

4.2 Tvorba pěny

Schopnost vaječného bílku vytvářet pěnu, patří mezi jeho technologicky nejvýznamnější vlastnosti, [19] kterých se využívá při výrobě pečiva a moučníků. [19, 27]

Šlehatelnost vaječného bílku ovlivňuje zejména bílkovina ovoalbumin, dále pak ovotransferin a ovomukoid. [3, 19, 27] Kvalitu pěny lze ovlivnit přidáním různých aditiv, mezi které patří sůl, cukr, [24] kyselina citronová, tuky. [3, 19, 27, 28]

Jakost pěny ovlivňuje jakost a množství hustého bílku, [3] na kterou poukazují index bílku a Haughovy jednotky. [3, 19]

Hodnotu indexu bílku vypočítáme podle vzorce

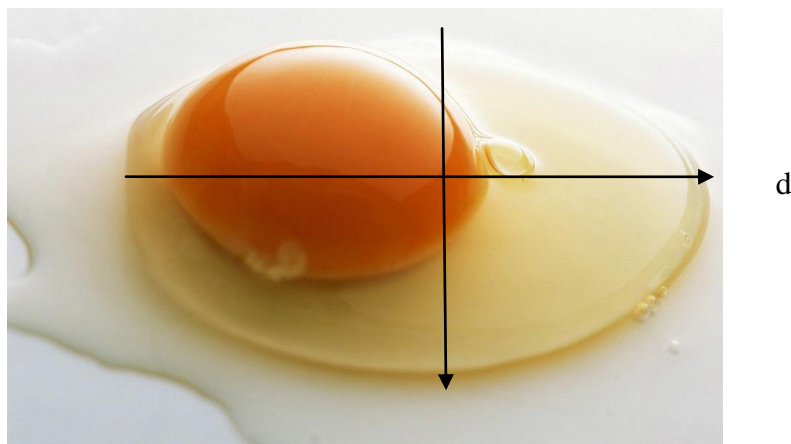
$$I_b = \frac{v}{\bar{s}} \cdot 100 (\%), \text{ kde}$$

v = výška hustého bílku [mm],

\bar{s} = šířka hustého bílku [mm], kterou vypočteme jako aritmetický průměr délky d a šířky \bar{s} .

Hodnoty indexu bílku se pohybují v rozmezí 30 - 130 %. Pokud tato hodnota klesne pod 50 %, je potřeba vejce co nejrychleji zpracovat. [3]

Obrázek č. 3. Rozbité vejce. [29]



\bar{s}

Pro výpočet Haughovy jednotky vycházíme z hmotnosti vejce G [g] a výšky hustého bílku [mm].

Pro výpočet použijeme vzorec $HJ = 100 \log (v + 7,57 - 1,7 G^{0,37})$ [3]

4.2.1 Index šlehatelnosti

Z technologického hlediska posuzujeme u bílku šlehatelnost a trvanlivost pěny. [3, 19]
Žádoucí jsou co největší výsledné hodnoty. [3]

Index šlehatelnost bílku vypočteme pomocí vzorce

$$Iš = \frac{O_p}{O_b} \cdot 100 (\%) \quad , \text{ kde}$$

O_p = objem našlehané pěny (ml),

O_b = objem nenašlehaného bílku (ml). [3, 19]

Hodnoty šlehatelnost se pohybují v rozmezí 450 - 600 %. [3]

Vznik pěny lze ovlivnit pozitivně i negativně. [2, 28] Negativně působí žloutek, který se při vytloukání vajec dostane mezi bílky. Fosfolipidy žloutku snižují povrchové napětí bílku, a tím znesnadňují následnou tvorbu pěny. [2] Povrchové napětí žloutku je při normální teplotě $0,44 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$, bílku $0,499 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$. [2] Toto povrchové napětí snižují tuky obecně. [27] Je důležité, aby veškeré nádoby a nářadí používané k výrobě pěny byly dokonale odmaštěny. Tohoto stavu bude dosaženo použitím vhodného detergentu nebo organické kyseliny. [28] Použitím kyseliny citronové bude dokonale odmaštěn povrch nádob a jejím přidáním do šlehané pěny se zvýší objem pěny, [28] neboť dojde ke změně pH. [26]

Teplota šlehané pěny má vliv na povrchové napětí bílku. Určité množství tepla vzniká při mechanickém tření šlehačích metel, jež jsou v kontaktu s bílky. [28] Nejvhodnější teplota bílku k tvorbě pěny je okolo $20 \text{ }^\circ\text{C}$. [26] Pokud bude teplota vyšší než $60 \text{ }^\circ\text{C}$, dojde ke koagulaci bílkovin. [16]

Použitím vhodné struktury cukru lze ovlivnit dobu vzniku pěny i její kvalitu. [26, 27, 28]

Čas potřebný k vytvoření pěny je závislý na rychlosti otáček metel během šlehání. Nejčastěji používaná rychlost se pohybuje v rozmezí 200 - 430 otáček v minutě. Při nedostatečné, pomalé rychlosti se vytváří pěna malého objemu. Naopak příliš vysoká rychlost otáček způsobuje rychlý vznik velkých vzduchových bublin, které se následně trhají. Rychle šlehaná hmota se přešlehává a mění se v gel. [28]

4.2.2 Index trvanlivosti pěny

Index trvanlivosti pěny zjistíme, dosadíme-li do vzorce

$$I_{tp} = \frac{O_p - O_b}{O_{bb}} \cdot 100 (\%) , \text{ kde}$$

O_p = objem našlehané pěny (ml),

O_b = objem zkapalněného bílku (ml) po stanoveném čase v minutách,

O_{bb} = objem bílku před našleháním (ml). [3, 19]

Bílky považujeme za kvalitní, pokud hodnota I_{tp} neklesne pod 60 %. [3]

Pro technologické účely je žádoucí zvýšit trvanlivost šlehané pěny, kterou ovlivňujeme přidáním různých látek. [3, 27, 28] Při nedostatečném zpevnění pěny dochází k její kondenzaci na dně nádoby.

Cukr je důležitá látka, která pozitivně ovlivňuje kvalitu a trvanlivost pěny. [26, 31] Při použití cukru je rozhodující jeho koncentrace. Přidáním malého množství cukru se pěna nezpevní dostatečně, jeho vysokou koncentrací bubliny pěny praskají a pěna klesá. [28]

Sůl negativně ovlivňuje kvalitu, trvanlivost pěny i dobu její přípravy. [26, 27, 28]

V potravinářském průmyslu se jako stabilizátory [26] a zahušťovadla pěny používají kyselina alginová a její soli, agar, karagenan, karubin, guma guar, arabská guma, pektiny, celulózy a různě upravovaný škrob. [30]

S pěnou je nutno manipulovat opatrně, a dostatečně rychle. Nesprávným hrubým zacházením vzduchové bubliny praskají a pěna ztrácí požadovanou strukturu a pružnost [31] a hotové výrobky nedosahují požadované jakosti.

4.3 Viskozita

Viskozita je fyzikální veličina, charakterizující vnitřní tření a závisí na přitažlivých silách mezi částicemi. Kapaliny s větší přitažlivou silou mají větší viskozitu. Ideální kapaliny řídících se Newtonovými zákony mají nulovou hodnotu viskozity. Bílek řadící se mezi vazké kapaliny má hodnotu viskozity nenulovou. [33]

Odlišná viskozita žloutku i bílku je dána jejich chemickým složením. Patří mezi technologicky významné vlastnosti. Viskozitu bílku značně ovlivňuje bílkovina lysozym, která vytváří sloučeniny s ostatními bílkoviny, dále stáří vejce, jeho pH, obsah vody [32] a měr-

ná hmotnost vejce. [2] U zmrzlých bílkovin je viskozita snížena [32] a pozvolným táním se jejich viskozita opět zvyšuje. [2]

Kinematickou viskozitu bílku lze měřit pomocí Ubbelohdeho viskozimetru, kde je měřen čas t průtoku kapaliny mezi ryskami viskozimetru v sekundách. Viskozita se udává v jednotkách $[\text{mm}^2\text{s}^{-2}]$.

Kinematickou viskozitu vypočítáme podle vzorce

$$v = A \cdot t, \text{ kde}$$

v = kinematická viskozita,

A = konstanta pro daný druh viskozimetru daná výrobcem,

t = čas průtoku kapaliny mezi ryskami [s]. [34]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 METODIKA

Praktická část diplomové práce byla rozdělena na čtyři na sebe navzájem nezávislé celky. V prvním celku byly měřeny fyzikální vlastnosti bílků z vajec získaných od slepic žijících v odlišných podmínkách. Úkolem je zjistit, zda v závislosti na těchto odlišných podmínkách se mění fyzikální vlastnosti bílku, či nikoliv.

Ve druhém celku byly měřeny veličiny vyplývající ze strnutí jednoho vejce.

Třetí celek je zaměřen na měření změn fyzikálních vlastností bílku v závislosti na změnách teploty bílku.

V poslední čtvrté části výsledky měření ukazují změnu fyzikálních vlastností, které byly ovlivňovány pomocí přísad kuchyňské soli, kyseliny citronové a cukru.

5.1 První celek

5.1.1 Porovnání fyzikálních vlastností sad slepičích vajec různého původu

Pro měření bylo pořízeno 5 sad slepičích vajec různého původu a odlišného stáří. Každá sada obsahovala 5 vajec vzniklých za velmi podobných podmínek, od jednoho chovatele. Tato vejce byla zpracovávána za stejných podmínek, a to ihned po pořízení, aby nedošlo k změnám vlivem jejich stárnutí, za stejné teploty bílků, za stejné teploty vnějšího prostředí při měření. Každá sada je označena číslem a vejce uvnitř sady písmenem.

U vajec byla měřena přesně v tomto pořadí: hmotnost celého vejce, hustota celého vejce, hustota bílku, viskozita bílku, šlehatelnost bílku a jeho index šlehatelnosti, index trvanlivosti pěny po 30 minutách, index trvanlivosti pěny po 60 minutách.

Hmotnost, hustota celého vejce, hustota bílku

Pomůcky

Vejce, laboratorní váha s přesností na dvě desetinná místa, odměrka, gumička připevněná na provázek, destilovaná voda, pyknometr, pipeta, balonek pipetovací, studená pitná voda.

Postup měření hustoty celého vejce

Všechny naměřené hodnoty byly ihned zapisovány a po skončení měření vyhodnoceny. Nejprve byla naměřena hmotnost vejce na laboratorní váze s přesností na dvě desetinná místa. Dále byla zvážena kádinka s destilovanou vodou a gumičkou, kterou bylo vejce

uchyceno. V následujícím kroku bylo vejce uchyceno gumičkou a zavěšeno na provázku bylo ponořeno do kádinky s destilovanou vodou a vše zváženo. Pro zjištění přesnosti měření, bylo u každého vejce prováděno měření několikrát.

Aby bylo možné vypočítat hustotu celého vejce, bylo potřeba zjistit jeho objem. Od hmotnosti kádinky, gumičky, destilované vody a vejce = (m_2), byla odečtena hmotnost kádinky, gumičky a destilované vody = (m_1).

$$m_2 - m_1 = V_{\text{vejce}}$$

Hustota celého vejce pak byla vypočítána podle vzorce $\rho = m : V$ [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$].

Výpočet hustoty bílku

Nejprve byl velmi šetrně oddělen žloutek od bílku tak, aby v bílku nezůstaly žádné jeho zbytky. Na váze byla zjištěna hmotnost prázdného pyknometru. Prázdný pyknometr byl zcela naplněn bílkem tak, aby v něm nebyly žádné vzduchové bubliny, které by zkreslovaly výsledky měření. Pyknometr byl poté uzavřen a omyt vodou a dosucha osušen a zvážen. Pro další měření byl obsah pyknometru vyprázdněn, pyknometr řádně vmyt vodou, vysušen a napuštěn pitnou vodou a opět zvážen.

Výpočet hustoty bílku byl proveden dosazením do vzorce

$$\rho_{\text{bílku}} = \rho_{\text{vody}} \cdot (m_2 - m_1 : m_3 - m_1), \text{ kde}$$

$$\rho_{\text{vody}} = 0,99997 \text{ [g}\cdot\text{cm}^{-3}\text{]}$$

m_1 = hmotnost prázdného pyknometru,

m_2 = hmotnost pyknometru s bílkem,

m_3 = hmotnost pyknometru s pitnou vodou

5.1.2 Měření kinematické viskozity bílku

Pomůcky

Bílky, Ubbelohdeho viskozimetr typu III, stopky, pipeta, balonek pipetovací.

Postup měření

Bílek, vnější okolí i Ubbelohdeho viskozimetru byl o stejné teplotě 20 °C. Z bílků byla odstraněna chalázová poutka, která by negativně ovlivňovala výsledky měření. Hustý i tekutý bílek byl pomalu a jemně rozmíchán tak, aby nevznikaly vzduchové bubliny. Poté

byla spodní baňka viskozimetru pomocí pipety naplněna bílkem v objemu mezi dvěma ryskami a nasazen pipetovací balonek.

Na viskozimetr byl nasazen vyfouklý pipetovací balonek a zakryty zbývající dva vstupy prsty. Pomocí podtlaku způsobeného pomocí pipetovacího balonku byl nasát bílek do horní baňky viskozimetru. Po odstranění balonku a uvolnění všech vstupů byl bílek vlivem změny tlaku uveden to pohybu. Byl měřen čas (t), za který proteče bílek mezi dvěma ryskami. Toto měření bylo opakováno několikrát.

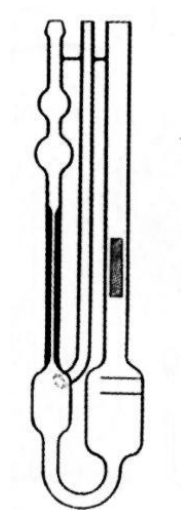
Výsledná kinematická viskozita byla vypočtena podle vzorce $v = A \cdot t$, kde

v = kinematická viskozita,

A = konstanta pro daný druh viskozimetru daná výrobcem; pro viskozimetr III je $A = 1$,

t = čas průtoku kapaliny mezi ryskami [s].

Obrázek č. 4. Ubbelohdeho viskozimetr.



5.1.3 Měření šlehatelnosti, indexu šlehatelnosti, indexu trvanlivosti po 30 a 60 minutách

Pomůcky

Bílek, šlehačí robot, odmašťovací prostředek, stopky, kádinky na měření našlehaného bílku, odměrky na tekutý bílek.

Postup měření

Nejprve byla dokonale odmaštěna mísa a šlehací metla, která byla použita při tvorbě pěny bílků. Množství bílku u jednotlivých měření je rozdílné. Toto množství bylo závislé na velikosti vejce, poměru žloutku a bílku a také na množství bílku, které bylo spotřebováno při předchozích měřeních. Každý bílek byl nejprve odměřen, poté kvantitativně přenesen do šlehací mísy a šlehan po dobu 3 minut. Čas byl odměřován stopkami.

Po uplynutí měřeného času byla bílková pěna kvantitativně a kvalitativně přenesena do odměrné kádinky a byl změřen objem našlehané pěny v mililitrech.

Z naměřené hodnoty byl vypočten index šlehatelnosti podle vzorce $I\dot{s} = \frac{O_p}{O_b} \cdot 100 (\%)$, kde

O_p = objem našlehané pěny (ml),

O_b = objem nenašlehaného bílku (ml),

Odměrná kádinka byla postavena do šikmé polohy tak, aby mohl zkapalněný bílek ztékat do odměrky a ihned byly spuštěny stopky. Za 30 minut a 60 minut byly odečteny hodnoty zkapalněného bílku a zaneseny do tabulky.

Naměřené a přepočtené hodnoty jsou uvedeny v tabulkách číslo 2 a 4.

Tabulka č. 2. Původ, způsob chovu a stáří vajec v sadách.

Číslo sady	Původ vejce	Způsob chovu	Stáří vejce v den měření
1	Česká vejce	velkochov v klecích	8 dnů
2	domácí	v domácím velkochovu v klecích	13 dnů
3	Slovenská republika	velkochov v klecích	16 dnů
4	supermarket ČR	velkochov v klecích	8 dnů
5	domácí	Malochov s volným výběhem	7 dnů

Tabulka č. 3. Naměřené hodnoty pěti sad vajec různého původu a stáří.

Sada číslo	Vejce v sadě	Hustota P [g.cm ⁻³] celého vejce	Hustota ρ [g.cm ⁻³] bítku	Viskozita [mm ² .s ⁻²] III	Pěn	IŠ [%]	IT 30 minut [%]	IT 60 minut [%]
1	A1	1,060	1,039	25,423	300,000	750,000	743,750	735,000
	B1	1,076	1,033	42,685	280,000	756,760	751,350	743,240
	C1	1,067	1,032	19,777	280,000	700,000	693,750	867,500
	D1	1,067	1,038	14,225	250,000	714,290	707,140	697,140
	E1	1,074	1,039	12,892	210,000	700,000	693,330	683,330
2	A2	1,047	1,041	36,292	300,000	833,000	822,220	811,110
	B2	1,060	1,040	23,236	350,000	777,770	772,220	760,000
	C2	1,074	1,034	17,576	150,000	483,870	480,650	474,190
	D2	1,038	1,040	48,333	300,000	789,470	773,680	767,100
	E2	1,066	1,039	30,109	200,000	571,430	564,290	554,290
3	A3	1,076	1,035	11,961	175,000	875,000	855,000	838,000
	B3	1,076	1,038	19,186	185,000	637,930	610,340	594,830
	C3	1,067	1,042	15,984	300,000	789,470	776,320	761,840
	D3	1,073	1,039	15,797	120,000	600,000	582,500	560,000
	E3	0,997	1,041	14,133	350,000	833,330	810,000	792,860
4	A4	1,058	1,032	8,440	280,000	823,530	804,410	786,760
	B4	1,035	1,040	24,675	380,000	950,000	938,750	925,000
	C4	1,070	1,042	24,657	380,000	950,000	935,500	918,750
	D4	1,073	1,035	14,507	350,000	875,000	756,250	841,250
	E4	1,027	1,036	16,277	350,000	875,000	862,500	843,750
5	A5	1,049	1,040	23,127	180,000	666,670	659,300	648,150
	B5	1,092	1,040	16,407	300,000	857,140	857,140	8845,740
	C5	1,069	1,036	13,837	200,000	400,000	780,000	764,000
	D5	1,045	1,032	14,790	300,000	789,470	776,320	762,160
	E5	1,060	1,037	14,043	300,000	857,140	842,860	824,290

Tabulka č. 4. Vypočítané průměrné hodnoty pěti sad vajec různého původu a stáří.

Sada		Hustota ρ [g.cm ⁻³] celého vejce	Hustota ρ [g.cm ⁻³] bílku	Viskozita [mm ² .s ⁻²] III	Pěn	IŠ [%]	IT 30 minut [%]	IT 60 min [%]
1	průměr	1,069	1,036	23,000	264,00	724,210	717,864	745,242
	smodchsoub.	0,006	0,003	12,072	35,07	27,365	27,793	72,806
	smodchprum	0,001	0,001	2,414	7,01	5,473	5,559	14,561
2	průměr	1,057	1,039	31,109	260,00	691,108	682,612	673,338
	smodchsoub.	0,015	0,003	11,934	82,15	153,777	150,501	149,261
	smodchprum	0,003	0,001	2,387	16,43	30,755	30,100	29,852
3	průměr	1,058	1,039	15,412	226,00	747,146	726,832	709,506
	smodchsoub.	0,034	0,003	2,658	95,36	121,599	122,673	124,197
	smodchprum	0,007	0,001	0,532	19,07	24,320	24,535	24,839
4	průměr	1,053	1,037	17,711	348,00	894,706	859,482	863,102
	smodchsoub.	0,021	0,004	6,982	40,87	54,675	80,251	58,327
	smodchprum	0,004	0,001	1,396	8,17	10,935	16,050	11,665
5	průměr	1,063	1,037	16,441	256,000	714,084	783,124	768,868
	smodchsoub.	0,019	0,003	3,872	60,66	192,035	78,159	76,848
	smodchprum	0,004	0,001	0,774	12,13	38,407	15,632	15,370

5.1.4 Závěr prvního oddílu

Z naměřených hodnot sad vajec lze usoudit následující skutečnosti:

Nebyla statisticky prokázána závislost viskozity vaječného bílku na jeho hustotě, IŠ na hustotě, ani IŠ na viskozitě bílku. Naopak je statisticky průkazná závislost IT 30, IT 60 na IŠ. Se zvyšující se hodnotou indexu šlehatelnosti se zvyšují hodnoty IT 30 i IT 60. Tuto závislost dokazuje graf číslo 9 a 10.

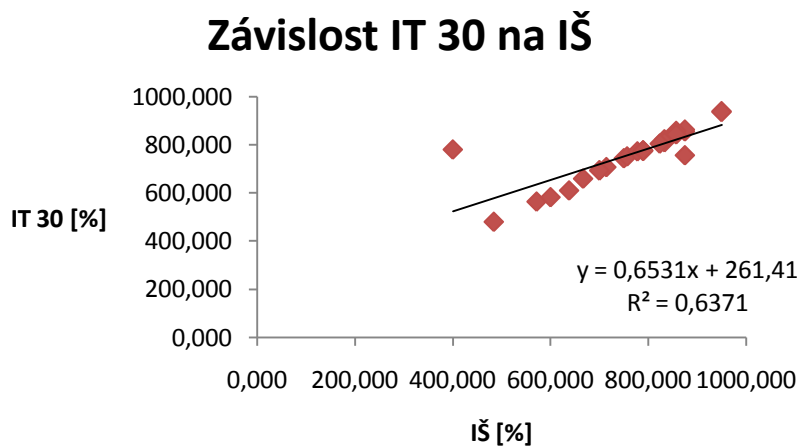
Průměrná hustota bílků jednotlivých sad je velmi podobná. Viskozitu má nejvíce odlišnou sada číslo 2. IŠ i IT 30, IT 60 se nejvíce liší u sady číslo 4. Tento výsledek potvrzuje závislost IT na IŠ.

Z technologického hlediska byla nejvhodnější vejce sady č. 4, tedy vejce pocházející z velkochovu v klecích, zakoupena v supermarketu.

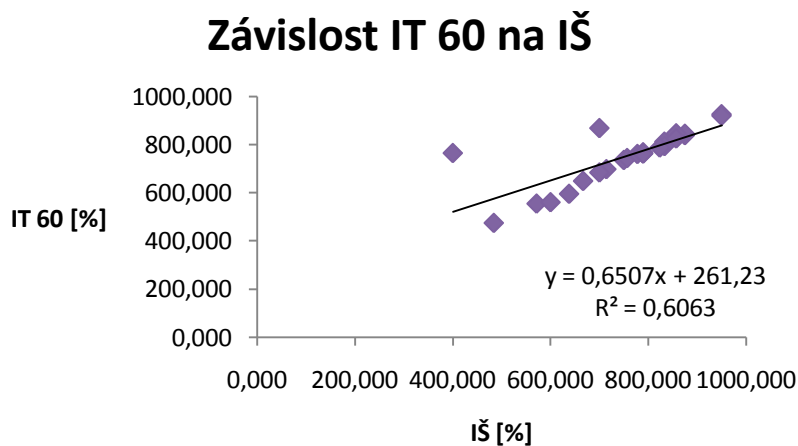
Rozptyl šlehatelnosti sad

Z tabulky číslo 4 vyplývá, že rozptyl šlehatelnosti jednotlivých sad se výrazně liší. Největší rozptyl šlehatelnosti měla sada číslo 3, vejce ze Slovenské republiky ve stáří 16 dnů. Nejmenší rozptyl šlehatelnosti měla vejce Česká, ve stáří 8 dnů.

Graf č. 9. Grafické vyjádření závislosti IT 30 na IŠ.



Graf č. 10. Grafické vyjádření závislosti IT 60 na IŠ.



5.2 Druhý oddíl

V tomto oddíle byla věnována pozornost změnám fyzikálních vlastností jednoho vejce v závislosti na čase, které jsou zaznamenány v tabulce číslo 5. Vejce bylo pořízeno z domácího malochovu. Měření bylo započato v den jeho snesení.

Pomůcky

Vejde, laboratorní váha s přesností na dvě desetinná místa, odměrka, měděný drátek, nit na připevnění vejce, destilovaná voda.

Postup měření

Od prvního dne snesení vejce byla každý den ve stejnou dobu měřena jeho hmotnost a hustota. Během tohoto měření není potřeba vejce rozbít, ba naopak. Proto bylo vejce opatřeno drátěným obalem z tenkého měděného drátu. Tento obal byl vejci sundán po posledním měření.

Hmotnost měděného drátu použitého na výrobu obalu vejce byla vypočtena rozdílem hmotností vejce s měděným obalem a hmotností vejce bez obalu hned v první den měření.

Měnící se hmotnost vejce vlivem jeho stárnutí se vypočetla podle vzorce

$$m_{\text{vejce}} = m_{\text{vejce s obalem}} - m_{\text{obalu vejce}}$$

Dalším úkolem bylo zjišťování měnící se hustoty celého vejce. Opět byl zjištěn objem vejce tak, že od hmotnosti kádinky s destilovanou vodou a vejce s měděným drátem = (m_2), byla odečtena hmotnost kádinky s destilovanou vodou = (m_1), hmotnost měděného drátu (m_3). $V_{\text{vejce}} = m_2 - m_1 - m_3$

Hustota celého vejce s měděným drátem pak byla vypočítána podle vzorce

$$\rho_{\text{vejce s drátem}} = m : V [\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}].$$

Pro výpočet objemu čistého vejce, bylo potřeba odečíst hustotu měděného drátu, která byla vypočítána obdobným způsobem. $\rho_{\text{vejce s drátem}} - \rho_{\text{drátu}} = \rho_{\text{vejce}} [\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}]$.

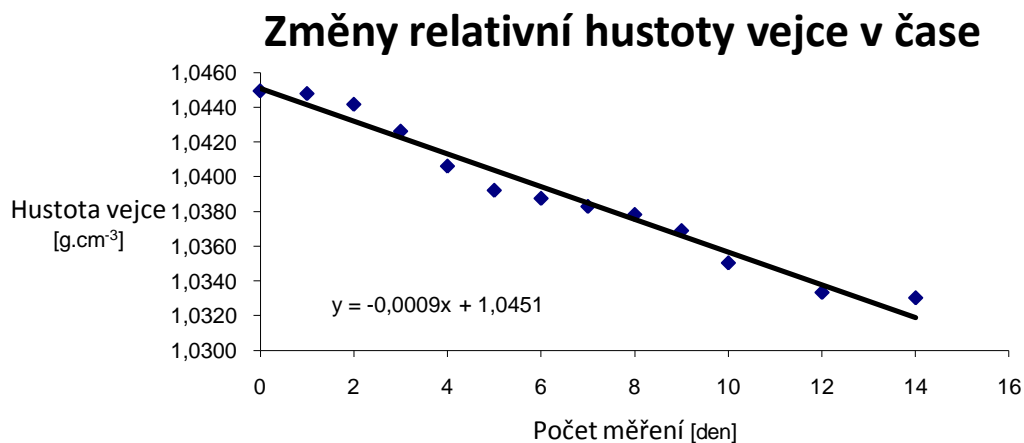
Tabulka č. 5. Změny fyzikálních vlastností slepičího vejce v čase.

Datum měření	Hmotnost vejce [g]	Objem vejce [ml]	Relativní hustota vejce [$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$]
6.4.	67,40	64,50	1,0450
7.4.	67,39	64,50	1,0448
8.4.	67,35	64,50	1,0442
9.4.	67,25	64,50	1,0426
10.4.	67,12	64,50	1,0406
11.4.	67,03	64,50	1,0392

12.4.	67,00	64,50	1,0388
13.4.	66,97	64,50	1,0383
14.4.	66,94	64,50	1,0378
15.4.	66,88	64,50	1,0369
16.4.	66,76	64,50	1,0350
18.4.	66,65	64,50	1,0333
20.4.	66,63	64,50	1,0330
22.4.	66,33	64,50	1,0284

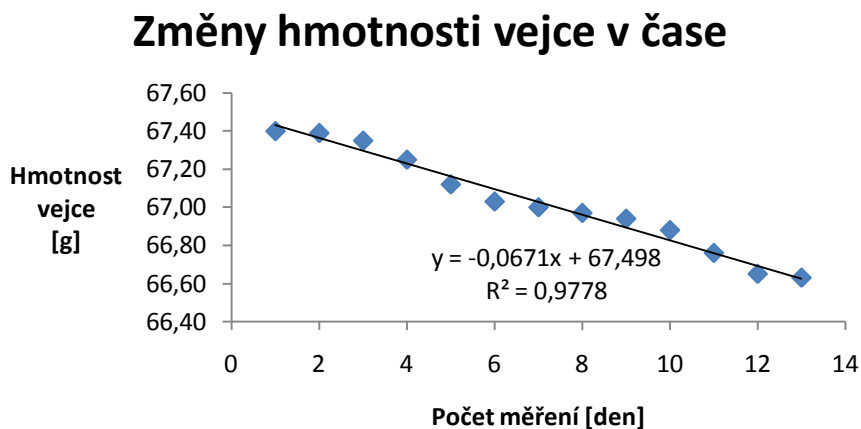
5.2.1 Závěr druhého oddílu

Graf č. 11. Grafické vyjádření změn relativní hustoty vejce v čase.



Z grafu číslo 11 vyplývá, že se zvyšujícím se stářím vejce klesá jeho hustota. Za jeden den se hustota sníží o $0,00093 \text{ [g.cm}^{-3}\text{]}$. Z grafu číslo 12 je patrné, že se zvyšujícím se stářím vejce klesá jeho hmotnost. Vejce vysychá $0,0671 \text{ g}$ za den.

Graf č. 12. Grafické vyjádření změn hmotnosti vejce v čase.



5.3 Změny fyzikálních vlastností vaječného bílku vlivem změn teplot

Důvodem měření změn fyzikálních vlastností v závislosti na teplotě u zjišťovaných bílků je nalezení optimální teploty pro dosažení co největšího množství našlehané bílkové pěny a její trvanlivosti.

Pomůcky

Bílky, šuplera, teploměr laboratorní rtuťový, ledové čočky, lednice, teplá a horká vodní lázeň, šlehací robot, odmašťovací prostředek, stopky, kádinky na měření našlehaného bílku, odměrky na tekutý bílek, Ubbelohdeho viskozimetr typu III, pipeta, balonek pipetovací.

Postup měření

Celkem bylo vybráno 20 vajec stejného stáří. U každého vejce byly změřeny hustota celého vejce, index bílku a Haughovy jednotky.

Postup zjišťování hustoty celého vejce byl shodný jako postup popsáný v prvním oddíle.

Pro výpočet Indexu bílku jednotlivého vejce bylo ke zjišťování příslušných hodnot použito šuplery, hodnoty byly dosazeny do vzorce $I_b = \frac{v}{s} \cdot 100$ (%), kde

v = výška hustého bílku [mm],

s = šířka hustého bílku [mm], kterou vypočteme jako aritmetický průměr délky d a šířky $š$.

Haughovy jednotky byly vypočteny dosazením do vzorce

$$HJ = 100 \log (v + 7,57 - 1,7 G^{0,37})$$

Po naměření těchto hodnot byly bílky všech 20 vajec opatrně smíchány. Byla změřena jejich hustota a bílky rozděleny na 4 části.

Každá z částí byla vytemperována na odlišnou teplotu:

- první část na 0 °C pomocí ledových čoček
- druhá část na 8 °C uchováním v lednici
- třetí část na 20 °C zahříváním v teplé vodní lázni
- čtvrtá část na 40 °C zahříváním v horké vodní lázni.

U každé části byly zjišťovány tyto fyzikální vlastnosti:

- viskozita pomocí Ubbelohdeho viskozimetru III
- index šlehatelnosti
- index trvanlivosti po 30 a 60minutách.

Všechny naměřené hodnoty jsou zaznamenány v tabulce číslo 6.

Tabulka č. 6. Změny fyzikálních vlastností bílku v závislosti na teplotě.

Teplota [°C]	Index bílku [%]	Haughovy jednotky	Viskozita III [mm ² s ⁻²]	Index šlehatelnosti [%]	IT 30 [%]	IT 60 [%]
0	8,95	13,10568	21,09	950	943,75	932,5
0	7,79	11,51456	20,5	875	867,5	850
0	4,73	7,429654	20,18	900	886,25	870
0	5,83	8,506125				
0	7,21	9,798553				
8	6,417112	11,05558	25,53	875	875	868,75
8	5,714286	9,770802	28	900	896,25	883,75
8	8,595989	13,30088	26,28	900	893,75	881,25
8	2,597403	3,889303				
8	7,482993	10,777				
20	5,830904	9,211214	46,78	1000	993,75	977,5
20	4,324324	6,86741	43,78	950	937,5	918,75
20	4,371585	7,368561	38,44	1000	987,5	968,75
20	2,810304	4,50854				
20	3,645833	6,340925				
40	1,72043	2,682018	35,71	1000	985	968,75
40	4,289544	7,577574	33,77	1025	1010	991,25
40	3,614458	5,877894	32,34	900	877,5	860
40	2,675585	3,448247				
40	4,255319	5,668631				

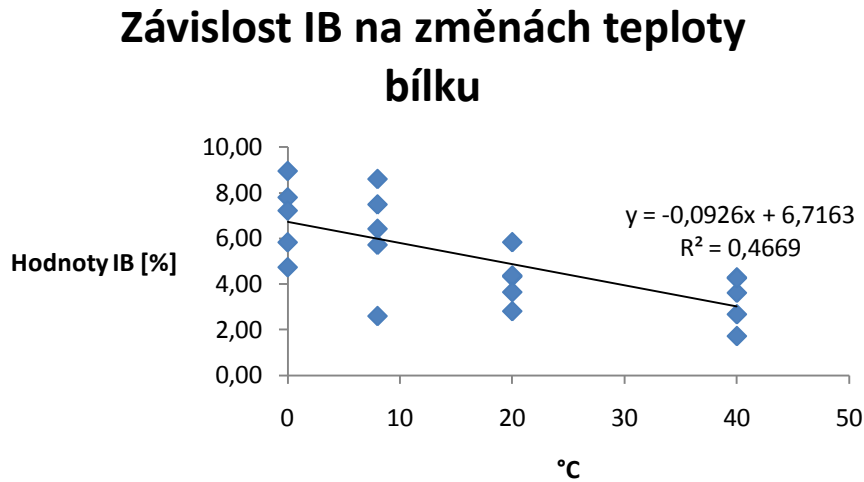
5.3.1 Závěr třetího oddílu

Všechny naměřené hodnoty byly statisticky zpracovány a porovnány.

Jak vyplývá z grafu číslo 13 i ze statistických výpočtů, IB průkazně závisí na teplotě bílku.

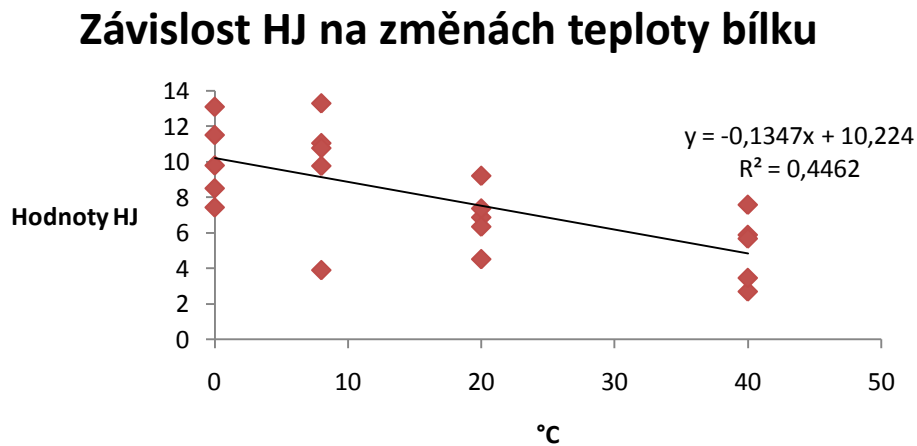
Se zvyšující se teplotou bílku klesají hodnoty IB.

Graf č. 13. Grafické vyjádření závislosti IB na změnách teploty bílku.



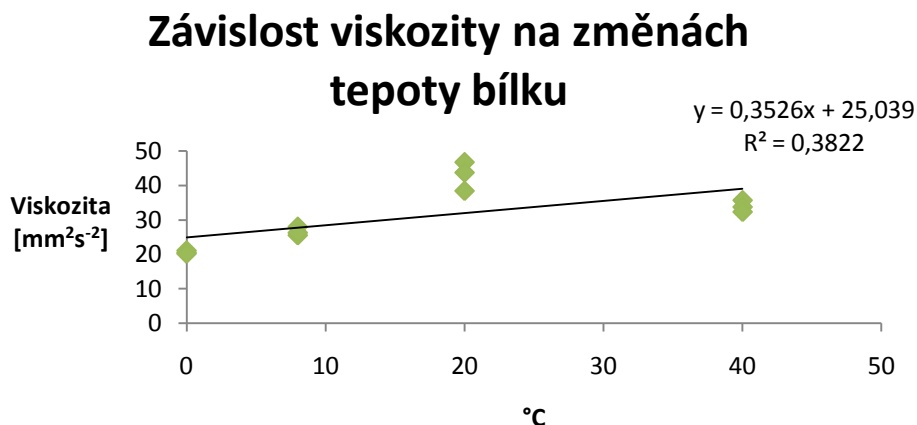
Z grafu číslo 14 i ze statistických výpočtů vyplývá, že HJ průkazně závisí na teplotě bílku. Se zvyšující se teplotou bílku HJ klesají.

Graf č. 14. Grafické vyjádření závislosti HJ na změnách teploty bílku.



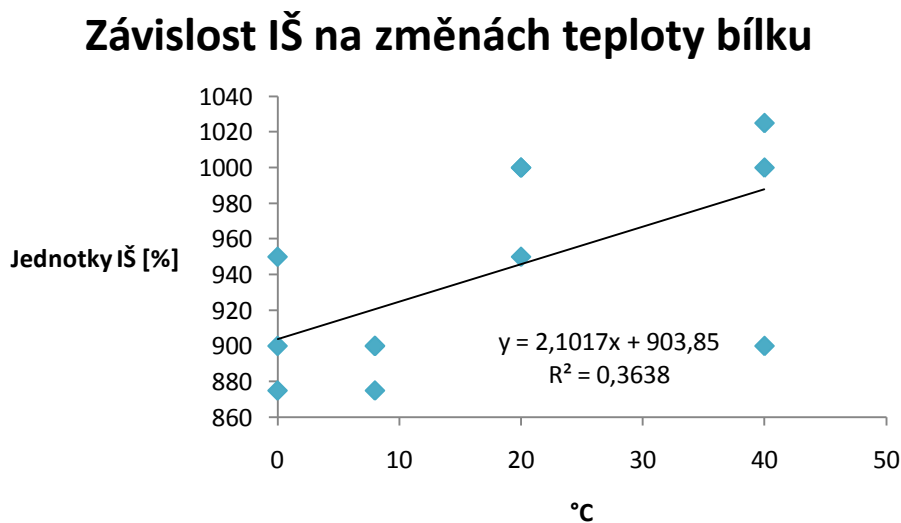
Graf číslo 15 potvrzuje statistické výpočty a dokazuje závislost viskozity na teplotě bílku. Se zvyšující se teplotou bílku se zvyšuje i jeho viskozita.

Graf č. 15. Grafické vyjádření závislosti viskozity na změnách teploty bílku.



Z grafického znázornění závislosti IŠ na změnách teploty vyplývá, a statistické výpočty dokazují závislost IŠ na změnách teploty bílku. Se zvyšující se teplotou průkazně roste IŠ

Graf č. 16. Grafické vyjádření závislosti IŠ na změnách teploty bílku.



Při vyhodnocování závislosti indexu trvanlivosti 30 a 60 bylo zjištěno, že hodnoty IT se zvyšující se teplotou rostou, ale tato závislost nebyla průkazná.

5.4 Čtvrtý oddíl

Úkolem posledního oddílu této práce bylo zjistit, jak ovlivňují fyzikální vlastnosti vaječného bílku různé přísady, které se běžně v technologickém zpracování používají. Cílem bylo určit, která z přísad nejlépe ovlivňuje technologické vlastnosti pěny bílku.

Pomůcky

Bílky, Ubbelohdeho viskozimetru III, šlehací robot, odmašťovací prostředek, stopky, kádinky na měření našlehaného bílku, odměrky na tekutý bílek, pipeta, cukr moučka, kuchyňská sůl, kyselina citronová.

Postup měření

Nejprve byla teplota vajec zvýšena na pokojovou teplotu a následně odděleny žloutky od bílků. Na tato měření bylo potřeba 1 080 ml vaječných bílků. Vzhledem k určité spotřebě bílků během měření bylo odměřeno 1 200 ml bílků. Všechny bílky byly opatrně promíchány a pomocí Ubbelohdeho viskozimetru byla změřena jejich viskozita.

Na každé měření bylo použito 40 ml vaječného bílku. Toto odměřené množství bylo kvantitativně přeneseno do odmaštěného šlehače. Bílek byl šlehán celkem 3 minuty, z toho 1 minutu bez přísady a dvě minuty s přísadou. Po našlehání byla pěna kvantitativně a kvalitativně přenesena do odměrné kádinky a odečtena hodnota pěny v ml a spuštěny stopky, které odpočítávaly čas na změření množství zkapalněného bílku za 30 a 60 minut. Měření bylo opakováno několikrát, přísady byly přidávány ve třech množstvích. V koncentraci 0,05 g, 0,5 g a 5,0 g.

Množství bylo zvoleno záměrně. První hodnota je velmi malá, sensoricky pěnu příliš neovlivnila. Druhé množství je dostatečně velké, aby mohlo ovlivnit zjišťované fyzikální veličiny a zároveň byl z technologického hlediska použitelný. Třetí množství je výrazně větší, v běžném zpracování bílků na pěnu zejména u soli nepoužitelné. Příliš ovlivňuje sensorické vlastnosti pěny.

Získané hodnoty byly průběžně zapisovány a následně zpracovány, zapsány do tabulky číslo 7 a vyhodnoceny.

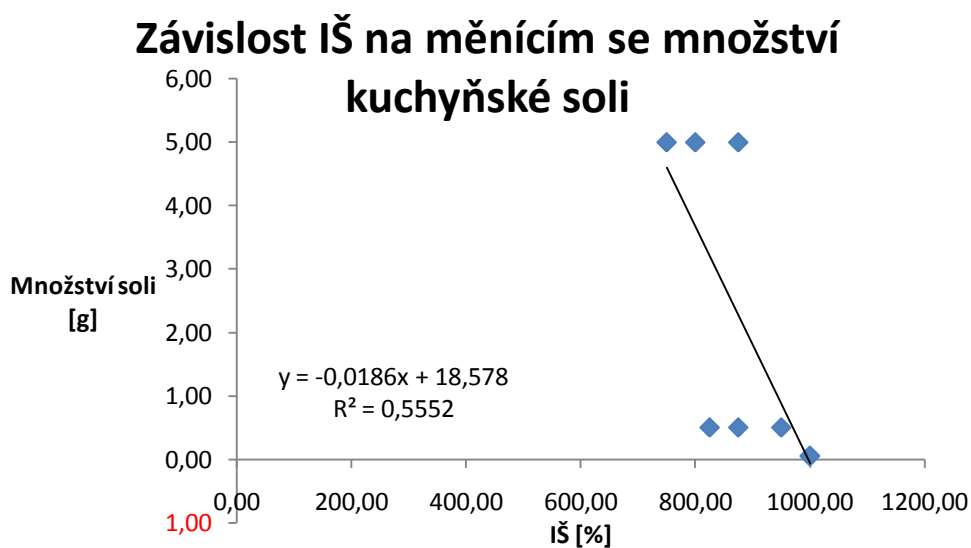
Tabulka č. 7. Změny fyzikálních vlastností bílku v závislosti na přísadách.

přísada	množství přísady [g]	viskozita III [mm^2s^{-2}]	objem bílku III [ml]	IŠ %	IT 30 %	IT 60 %
		34,57	40,00			
		32,75	40,00			
		33,12	40,00			
sůl	0,05		40,00	1000,00	986,25	965,00
	0,05		40,00	1000,00	987,50	962,50
	0,05		40,00	1000,00	987,50	963,75
	0,50		40,00	875,00	863,75	848,75
	0,50		40,00	825,00	810,00	792,50
	0,50		40,00	950,00	935,00	918,75
	5,00		40,00	750,00	750,00	742,50
	5,00		40,00	800,00	800,00	791,25
	5,00		40,00	875,00	875,00	866,25
cukr	0,05		40,00	875,00	856,25	850,00
	0,05		40,00	1000,00	980,00	975,00
	0,05		40,00	1000,00	980,00	972,50
	0,50		40,00	1250,00	1247,50	1231,25
	0,50		40,00	1000,00	997,50	982,50
	0,50		40,00	1250,00	1246,25	1231,25
	5,00		40,00	875,00	875,00	862,50
	5,00		40,00	925,00	925,00	910,00
	5,00		40,00	1000,00	997,50	980,00
kyselina	0,05		40,00	800,00	800,00	798,75
citronová	0,05		40,00	750,00	750,00	748,75
	0,05		40,00	750,00	750,00	748,75
	0,50		40,00	1250,00	1236,25	1213,75
	0,50		40,00	1375,00	1361,25	1337,50
	0,50		40,00	1200,00	1187,50	1165,00
	5,00		40,00	1000,00	970,00	940,00
	5,00		40,00	975,00	943,75	912,50
	5,00		40,00	1025,00	993,75	961,25

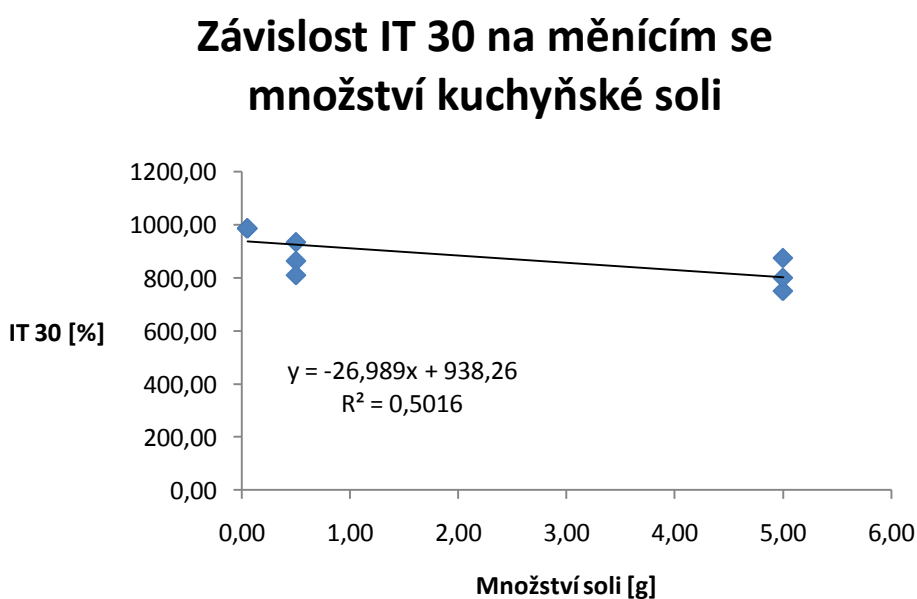
5.4.1 Závěr čtvrtého oddílu

Po statistickém a grafickém zpracování výsledků bylo vyvozeno, že na měnicí se koncentraci kuchyňské soli je statisticky průkazný IŠ, IT 30 i IT 60. Se zvyšující se koncentrací kuchyňské soli klesají všechny měřené hodnoty IŠ, IT 30 i IT 60. Grafické znázornění závislosti fyzikálních veličin na měnicím se množství kuchyňské soli vyjadřuje graf číslo 17, 18, 19.

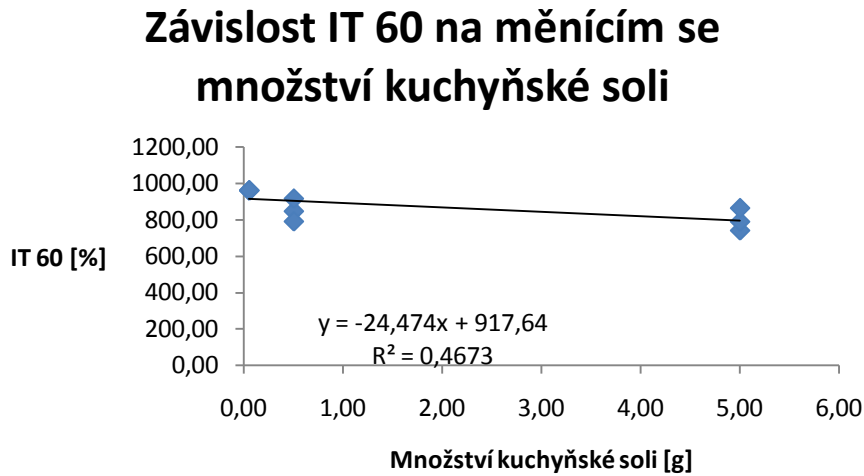
Graf č. 17. Grafické vyjádření závislosti IŠ na měnicím se množství kuchyňské soli.



Graf č. 18. Grafické vyjádření závislosti IT 30 na měnicím se množství kuchyňské soli.

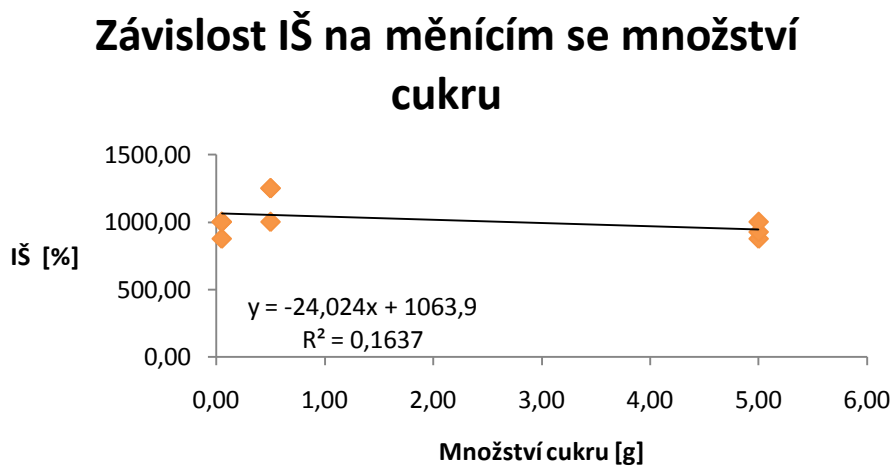


Graf č. 19. Grafické vyjádření závislosti IT 60 na měnícím se množství kuchyňské soli.

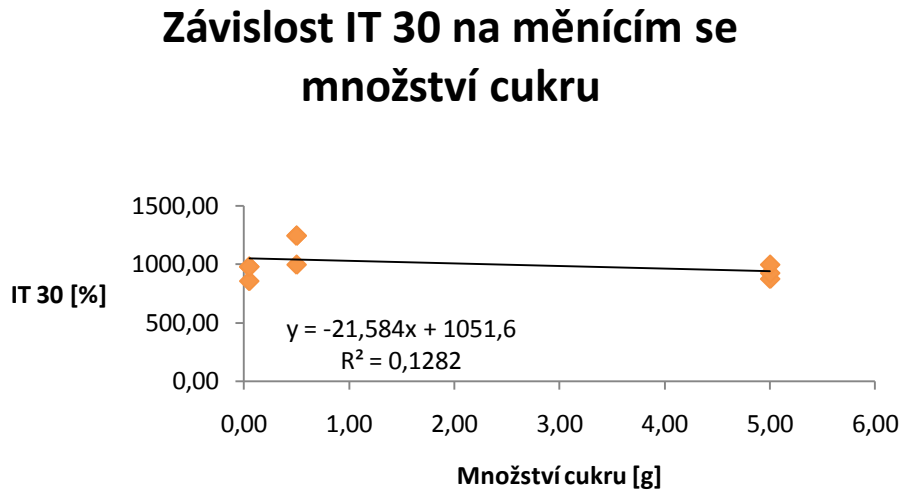


Ze statistického i grafického vyjádření vyplývá, že změny množství cukru na fyzikální vlastnosti IŠ, IT 30 a IT 60 pěny nejsou průkazné. Se zvyšujícím se množstvím cukru klesají hodnoty IŠ, IT 30 a IT 60. Grafické znázornění závislosti fyzikálních veličin na měnícím se množství cukru vyjadřuje graf číslo 20, 21, 22.

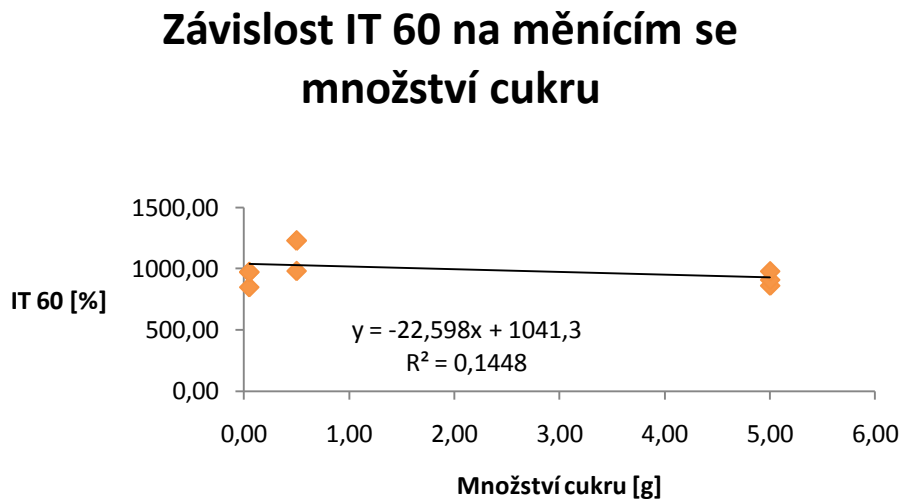
Graf č. 20. Grafické vyjádření závislosti IŠ na měnícím se množství cukru.



Graf č. 21. Grafické vyjádření závislosti IT 30 na měnícím se množství cukru.

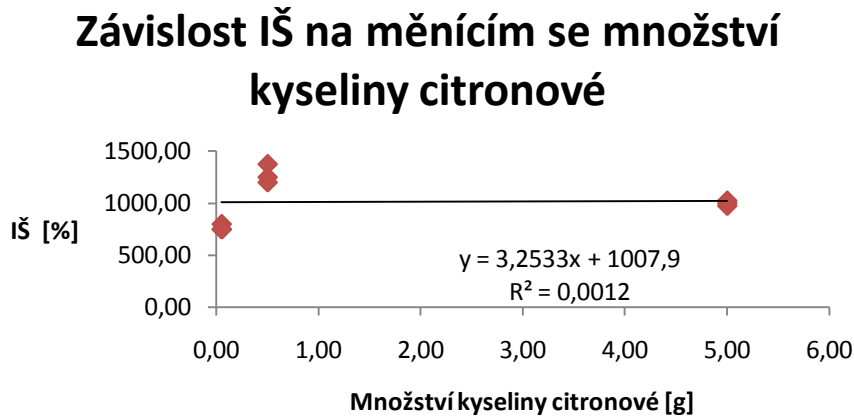


Graf č. 22. Grafické vyjádření závislosti IT 60 na měnícím se množství cukru.

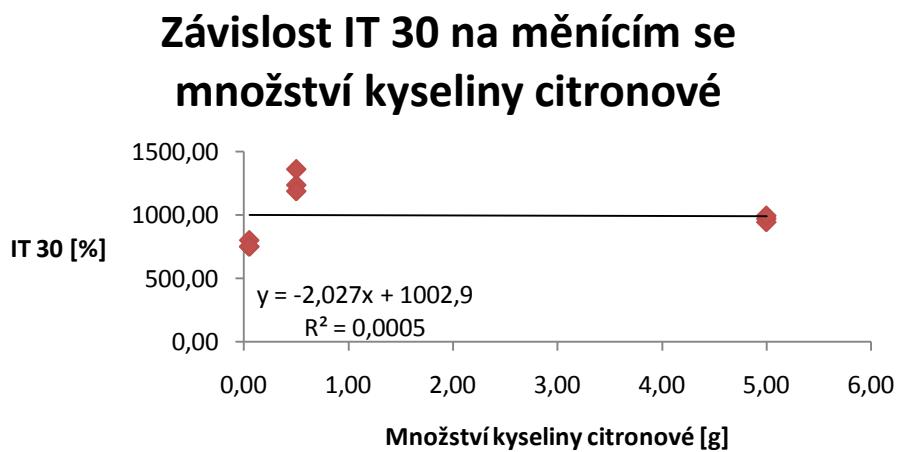


Jako poslední byly měřeny závislosti fyzikálních veličin měnících se vlivem různého množství kyseliny citronové. Statistické i grafické zpracování poukazuje, že není prokázána závislost na měnící se koncentrace kyseliny citronové na IŠ, IT 30 i IT 60. Změny těchto veličin nejsou téměř žádné. Změny závislosti na změně množství kyseliny citronové vyjadřují grafy číslo 23, 24, 25.

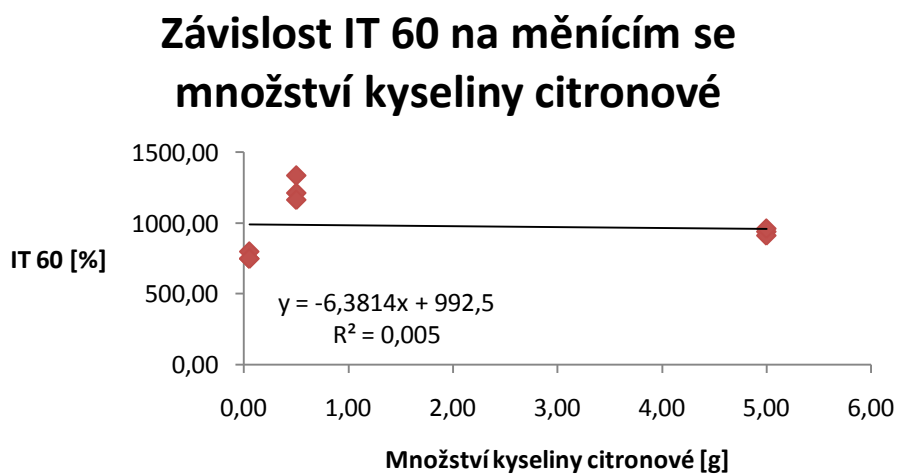
Graf č. 23. Grafické vyjádření závislosti IŠ na měnícím se množství kyseliny citronové.



Graf č. 24. Grafické vyjádření závislosti IT 30 na měnícím se množství kyseliny citronové.



Graf č. 25. Grafické vyjádření závislosti IT 60 na měnícím se množství kyseliny citronové.



6 ZÁVĚR

Byly vyhodnoceny naměřené a vypočítané hodnoty získané při měření fyzikálních vlastností slepičího bílku. Zejména byla hodnocena tvorba pěny a její trvanlivost z bílků pořízených z různých chovů, o jejich různých teplotách, hustotách s přidáním aditiv i bílků samotných. Byly zkoumány změny fyzikálních vlastností vejce postupně stárnoucího.

U bílků vajec, které byly pořízeny z různých chovů a různého stáří, rozděleny do skupin, byla zjištěna jedna skupina, která se výrazně lišila od ostatních.

Z technologického hlediska byla nejvhodnější vejce sady č. 4, tedy vejce pocházející z velkochovu v klecích, zakoupena v supermarketu.

V další části diplomové práce byly zjišťovány změny fyzikálních veličin v důsledku stárnutí vejce. Se zvyšujícím se stářím vejce se snižuje hmotnost celého vejce i jeho relativní hustota. Zjištěné výsledky odpovídají literatuře. [2, 32, 33]

Vlivem změn teplot bílku bylo zjištěno, že se zvyšující se teplotou stoupají HJ, IŠ i viskozita. Naopak IB se zvyšující se teplotou klesá. Zjištěné výsledky se s literaturou shodují. [1, 2, 28, 31, 32]

Použití přísad je v technologické praxi běžné. Na množství kuchyňské soli při přípravě pěny a její trvanlivosti byla prokázána závislost. IŠ, IT 30 i IT 60 s rostoucí hmotností kuchyňské soli klesá. Z technologického hlediska použití kuchyňské soli při tvorbě a uchování pěny není vhodné.

Nebyla prokázána závislost mezi množstvím cukru použitého při výrobě a uchování pěny. IŠ, IT 30 i IT 60 měl mírně klesající tendenci. Zpracovávaná literatura se zmiňuje jen o vlivu cukru na fyzikální vlastnosti, neřeší, zda jsou to změny kladné nebo záporné. Nelze proto jednoznačně usoudit shodu nebo neshodu výsledků se zpracovávanou literaturou. Z technologického hlediska není množství cukru rozhodující, důležité jsou jeho sensorické vlastnosti. [26, 27, 28]

Taktéž nebyla prokázána závislost IŠ, IT 30 a IT 60 na zvyšující se koncentraci kyseliny citronové. Z technologického hlediska není kyselina citronová v pění vaječného bílku rozhodující. Tyto výsledky nejsou ve shodě s literaturou. [26]

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] SIMEONOVÁ, J., MÍKOVÁ, K., KUBIŠOVÁ, S., INGR, I. *Technologie drůbeže, vajec a minoritních živočišných produktů*. Mendlova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno 2001, s. 1 - 26. ISBN: 80-7157-405-8.
- [2] STEINHAUSEROVÁ, I., SIMEONOVÁ, J., NÁPRAVNÍKOVÁ, E., TREMLOVÁ, B. *Produkce a zpracování drůbeže, vajec a medu*. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Brno 2003, s. 25 - 36. ISBN: 80-7305-462-0.
- [3] DEKASTELLOVÁ, L., MATUŠOVIČOVÁ, E., ŽILLOVÁ, M. *Technológia hydinaárskeho priemyslu*. Príroda, vydavateľstvo kníh a časopisov 1986, s. 5 - 47. Číslo publikace 5993, SÚKK - 1729/ I - 85.
- [4] CABADAJ, R., TUREK, P. *Hygiena a technológia hydiny a vajec*. Magnus, Košice 1992, s. 177 - 287. ISBN: 80- 85569-08-6.
- [5] Dne 6.11.2010 [online]. Dostupné na: szs-bnl.wz.cz/storage/1175947999_sb_chovdrubeze.doc
- [6] ŠROUBKOVÁ, E. *Technická mikrobiologie*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno 1996, s. 118 - 119. ISBN: 80-7157-226-8.
- [7] ČERVENÝ, Č. *Veterinární anatomie. Základy anatomie domácích ptáků*. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, Brno 2000, s. 103, 106. ISBN: 80-85114-80-1.
- [8] ČERNÝ, H. *Anatomie domácích ptáků*. Metoda, Brno 2005, 445 s. ISBN: 80-239-4966-7.
- [9] DOBEŠ, M., GILKA, J. *Veterinární chemie potravin a surovin živočišného původu*. Vysoká škola zemědělská v Brně, Fakulta veterinární, Praha 1962, s. 213 - 240, číslo publikace 1045 - 2682.
- [10] DAVÍDEK, J., JANÍČEK, G., POKORNÝ, J. *Chemie potravin*. Alfa, Praha 1983, s. 22 - 52, 576 - 578. Typové číslo L18 - C3 - V - 41f / 88 175.
- [11] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin I*. OSSIS, Tábor 1999, s. 4 - 50, 73 - 99. ISBN: 80-902391-3-7.
- [12] *Svět potravin*. [online]. Dostupné z: <http://www.svet-potravin.cz/onas-archiv-casopisu.aspx>. Číslo duben, 2009, s. 22 - 23. [citace 2010-11-07]

- [13] STADETMAN, W. J., COTTERIEL, O. J. *Egg science and technology*. The Haworth press, Binghamton 1994, s. 1 - 40. ISBN: 1-56022-854-7.
- [14] MINE, Y. *Egg bioscience and biotechnology*. Published by John Wiley&Sons, New Jersey, 2008, s. 1 - 41. ISBN: 978-0-47003998-4.
- [15] VÁCLAVÍK, V. A. a CHRISTIAN, E. W. *Essentials of food science*. Kluwer Academic Plenum publishers, New York 2003, s. 187 - 205. ISBN: 0-306-4763-1.
- [16] TAYLOR, S. *Advances in food & nutrition research Volume 47*. First edition 2003, Academic press, Hardcover, s. 202- 204 ISBN: 0-12-016447-7.
- [17] WATSON, R. R. *Egg and Health Promotion*. First edition, Iowa 2002, s. 157 - 161. ISBN: 0-818-2798-1.
- [18] MULLER, H.G. and TOBIN, G. *Nutrition and food processing*. Westport, Connecticut 1980, s. 211 - 213. ISBN: 0-85664-540-0.
- [19] KRÍŽ, L. *Zpracování a ošetřování drůbežích produktů*. Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, Praha 1997, 29 s. ISBN: 80-7105-160-8.
- [20] [online]. Dostupné na: <http://www.fordras.com/ovalbumin/> [citace 2010-12-07]
- [21] [online]. Dostupné na: <http://www.fordras.com/ovotransferrin/> [citace 2010-12-07]
- [22] HUOPALATHI, R., FANDIÑO, R. L., ANTON, M., SCHADE, R. *Bioactive Egg Compounds*. Springer - Verlag, Berlin 2007, s. 61 - 63. ISBN: 978 - 3 - 540 - 37883.
- [23] STADETMAN, W. J., COTTERIEL, O. J. *Egg science and technology*. The Haworth press, Binghamton 1995, s. 129 131. ISBN: 1-56022-855 - 5.
- [24] BELITZ, H. D., GROSCH, W., SCHIEBERLE, P. *Food chemistry 4th revised and extended Edition*. Springer - Verlag, Berlin 2009, s. 548 - 556. ISBN: 978-3-540-69933-0.
- [25] GUERRERO - LEGARRETA, I., HUI, Y. H. *Handbook of Poultry Science and Technology Volume 1*. John Wiley & Sons, New Jersey 2010, s. 594 - 600. ISBN: 978-0-470-18552-0.
- [26] BELL, D. D., WEAVER, W. D. *Commercial Chicken Meat and Egg Production 5th Edition*. Kluwer Academic Publishers Norwell 2002, s. 1217 - 1224. ISBN:0-7923-7200-X.
- [27] McGEE, H. *On Food and cooking the science and lore of the kitchen*. Scribner, New York 2004, s. 100 - 106. ISBN: 973-0-684-80001-1.

- [28] [online]. Dostupné na: <http://hlavni-zpravy.gastronews.cz/cinitele-ovlivnujici-slehatelnost-bilku> [citace 2011-19-02]
- [29] [online]. Dostupné na: <http://hkham.wordpress.com/2008/10/28/dont-egg-me-on/> [citace 2011-19-02]
- [30] [online]. Dostupné na: <http://ecka.xf.cz/> [citace 2011-20-02]
- [31] VACLAVIK, V. A. *Essentials of Food science*. Springer 2008, s. 224 - 225. ISBN: 978-0387-69939-4.
- [32] ERICKSON, M. C., HUNG, Y. C. *Quality in Frozen Food*. Champan&Hall 1997, s. 128. ISBN: 0-412-07041-3.
- [33] [online]. Dostupné na: <http://www.wikiskripta.eu/index.php/Viskozita> [citace 2011-20-02]
- [34] [online]. Dostupné na: ufmi.ft.utb.cz/texty/fyzika_2/F2_lab_02.pdf [citace 2011-10-04]

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AMK	Aminokyseliny
Glu	kyselina glutamová
Ser	serin
Ala	alanin
Leu	leucin
Asp	kyselina aspartová
Val	valin
Ile	izoleucin
Phe	fenylalanin
Lys	lysin
Gly	glycin
Met	metionin
Thr	threonin
Arg	arginin
Pro	prolin
A1	označení pořadí vejce v sadě a číslo sady
pěn	objem našlehané pěny
IB	index bílku
HJ	Haughovy jednotky
IŠ	index šlehatelnosti
IT 30	index trvanlivosti za 30 minut
IT 60	index trvanlivosti za 60 minut
Průměr	aritmetický průměr
smodchsoub	směrodatná odchylka souboru

smodchprům směrodatná odchylka průměru

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1. Vznik vejce.

Obrázek č. 2. Struktura vejce.

Obrázek č. 3. Rozbité vejce.

Obrázek č. 4. Ubbelohdeho viskozimetr.

SEZNAM TABULEK

Tabulka č. 1. Procentuální vyjádření chemického složení slepičího vejce. [1, 2]

Tabulka č. 2. Původ, způsob chovu a stáří vajec v sadách.

Tabulka č. 3. Naměřené hodnoty pěti sad vajec různého původu a stáří.

Tabulka č. 4. Vypočítané průměrné hodnoty pěti sad vajec různého původu a stáří.

Tabulka č. 5. Změny fyzikálních vlastností slepičího vejce v čase.

Tabulka č. 6. Změny fyzikálních vlastností bílku v závislosti na teplotě.

Tabulka č. 7. Změny fyzikálních vlastností bílku v závislosti na přísadách.

SEZNAM GRAFŮ

- Graf č. 1. Grafické znázornění hmotnosti AMK obsažených ve žloutku. [1]*
- Graf č. 2. Grafické znázornění esenciálních AMK obsažených ve vaječném žloutku. [1]*
- Graf č. 3. Grafické znázornění minerálních látek obsažených v žloutku. [1, 9].*
- Graf č. 4. Grafické znázornění množství vitaminů vaječného žloutku. [1, 3].*
- Graf č. 5. Grafické znázornění průměrného chemického složení vaječného bílku. [1].*
- Graf č. 6. Grafické znázornění procentuálního zastoupení 6 minoritních proteinů vaječného bílku. [1, 24]*
- Graf č. 7. Grafické znázornění zastoupení majoritních minerálních látek vaječného bílku v gramech. [9]*
- Graf č. 8. Grafické znázornění 14 nejvíce zastoupených aminokyselinových zbytků v molekule ovoalbuminu. [10]*
- Graf č. 9. Grafické vyjádření závislosti IT 30 na IŠ.*
- Graf č. 10. Grafické vyjádření závislosti IT 60 na IŠ.*
- Graf č. 11. Grafické vyjádření změn relativní hustoty vejce v čase.*
- Graf č. 12. Grafické vyjádření změn hmotnosti vejce v čase.*
- Graf č. 13. Grafické vyjádření závislosti IB na změnách teploty bílku.*
- Graf č. 14. Grafické vyjádření závislosti HJ na změnách teploty bílku.*
- Graf č. 15. Grafické vyjádření závislosti viskozity na změnách teploty bílku.*
- Graf č. 16. Grafické vyjádření závislosti IŠ na změnách teploty bílku.*
- Graf č. 17. Grafické vyjádření závislosti IŠ na měnícím se množství kuchyňské soli.*
- Graf č. 18. Grafické vyjádření závislosti IT 30 na měnícím se množství kuchyňské soli.*
- Graf č. 19. Grafické vyjádření závislosti IT 60 na měnícím se množství kuchyňské soli.*
- Graf č. 20. Grafické vyjádření závislosti IŠ na měnícím se množství cukru.*
- Graf č. 21. Grafické vyjádření závislosti IT 30 na měnícím se množství cukru.*
- Graf č. 22. Grafické vyjádření závislosti IT 60 na měnícím se množství cukru.*

Graf č. 23. Grafické vyjádření závislosti IŠ na měnícím se množství kyseliny citronové.

Graf č. 24. Grafické vyjádření závislosti IT 30 na měnícím se množství kyseliny citronové.

Graf č. 25. Grafické vyjádření závislosti IT 60 na měnícím se množství kyseliny citronové.