REVIEW

Kritéria čerstvosti a kvality slepičích vajec*

KAMILA MÍKOVÁ, JIŘÍ DAVÍDEK

Institute of Chemical Technology – Department of Food Chemistry and Analysis, Prague, Czech Republic

Abstract

MÍKOVÁ K., DAVÍDEK J. (2000): **Criteria of quality and freshness of hen eggs**. Czech J. Food Sci., **18**: 250–255.

Eggs represent the very important component of human food. Their quality is tightly associated with freshness. This paper gives a review of quality criteria of eggs, describes the changes occurring in eggs during aging and the methods used for the determination of egg freshness.

Key words: hen shell eggs; quality; freshness; aging; methods of evaluation

Abstrakt

MÍKOVÁ K., DAVÍDEK J. (2000): **Kritéria čerstvosti a kvality slepičích vajec**. Czech J. Food Sci., **18**: 250–255.

Vejce tvoří významnou složku našeho jídelníčku. Jejich kvalita je úzce spjatá s čerstvostí. Příspěvek podává přehled o požadavcích na kvalitu vajec a o změnách, ke kterým dochází během stárnutí vajec. Zabývá se kritérii čerstvosti vajec a způsoby jejich stanovení.

Klíčová slova: slepičí vejce konzumní; kvalita; čerstvost; stárnutí; metody hodnocení

Česká republika patří mezi přední producenty vajec v Evropě (více než 3 miliardy ročně) a i v konzumaci vajec (cca 290 vajec/osobu/rok) se řadí mezi země s nejvyšší spotřebou. Dříve pocházela většina vajec z velkochovů, dnes tvoří téměř 50 % produkce vejce z malochovů. Tím se dostávají na trh často vejce neznámého původu, stáří a neověřené kvality.

Snahou producentů vajec je zvrátit trend klesající spotřeby vajec, který v posledních dvou desetiletích postihl všechny vyspělé země jako důsledek obav z konzumace cholesterolu vyvolaných masivní anticholesterolovou kampaní, která se však ve světle současných poznatků jeví být neopodstatněná. Druhým důvodem jsou obavy z obrovského nárůstu výskytu salmonelos, jejichž významným zdrojem mohou být i vejce.

Cesty jak zvýšit zájem spotřebitelů o vejce vedou jednak přes vývoj nových výrobků z vajec, ale zejména přes zabezpečení a garanci zdravotní nezávadnosti a kvality, která souvisí i se způsoby produkce vajec. Nejběžnější formou vajec na trhu jsou slepičí skořápková vejce konzumní, která se po snesení třídí, balí a dodávají do obchodní sítě nebo k dalšímu zpracování. Pro průmyslové použití se vyrábějí výtlukem vaječné obsahy, které se dále používají ve formě tekuté, mražené nebo sušené.

Čerstvost

Vysoká nutriční hodnota, charakteristické smyslové znaky a zdravotní nezávadnost se obvykle spojují s čerstvostí vejce. Kvalita vajec však je ovlivněna nejen stářím vajec, ale i podmínkami skladování, zejména teplotou.

U pojmu čerstvost vejce je nutné rozlišovat biologickou čerstvost a obchodní čerstvost. Biologická čerstvost je charakterizována schopností vývoje zárodku ve vejci a za příznivých podmínek se uchovává několik dní.

Obchodní čerstvost vyjadřuje vhodnost vejce pro použití na potravinářské účely. Je obtížně stanovitelná, neboť od okamžiku snesení probíhají ve vejci biochemické i fyzikální změny, které závisí na řadě faktorů, především

*Práce byla řešena s podporou GA ČR, grant č. 525/99/0528.

však na teplotě a vlhkosti prostředí, v němž jsou vejce uchovávána (STADELMAN 1986; BURLEY, VADEHRA 1989).

Při volbě vhodných vnějších podmínek lze tyto změny zpomalit, čímž se prodlužuje obchodní čerstvost. Naopak při skladování v nevhodných podmínkách se může kvalita vejce zhoršit již během několika dní. Je proto velmi obtížné stanovit hranici, kdy lze vejce ještě považovat za čerstvé a plnohodnotné. Všechny používané způsoby hodnocení mají pouze omezenou vypovídací schopnost.

Ve snaze přiblížit se Evropské unii (EU) byla v naší legislativě (ČSN 57 2109 – Slepičí vejce konzumní tříděná 1997 a Vyhláška č. 327/1997 Sb.) stanovena minimální trvanlivost konzumních skořápkových slepičích vajec 28 dní ode dne třídění za předpokladu skladování při teplotách 5–18 °C, což představuje obchodní čerstvost 28 až 32 dní. V EU (EEC – Nařízení rady č. 1907/90 a Nařízení komise č. 1274/91) se stanovuje minimální trvanlivost od data snášky, takže obchodní čerstvost je max. 28 dní. V různých státech EU jsou rozdílné požadavky na maximální výši skladovací teploty, která může být nižší než 18 °C.

Použití starých vajec přináší spotřebitelům i zpracovatelskému průmyslu řadu problémů. Snižuje se nutriční hodnota, ztrácí se aktivita lysozymu tvorbou komplexů s ovoalbuminem a dalšími proteiny bílku (MATSUDOMI *et al.* 1986; KATO *et al.* 1975) a zhoršuje se stravitelnost především vznikem produktů Maillardovy reakce, které jsou rezistentní vůči trávicím enzymům. Zvyšuje se riziko průniku mikroorganismů ze skořápky do vaječného obsahu, s čímž souvisí i zhoršení účinků pasterace. Mění se i funkční vlastnosti, jako je šlehatelnost a trvanlivost pěny. Při výtluku vajec se zhoršuje oddělování žloutku a bílku vzhledem k nižší pevnosti žloutkové membrány.

Je tedy zřejmé, že čerstvost vajec souvisí velmi významně s jejich kvalitou a je významným znakem, který by měl být sledován jak z pohledu ochrany spotřebitele, tak i z pohledu ekonomických ztrát, které mohou nastat zpracovateli.

Změny vajec při stárnutí

Jak již bylo řečeno, jsou tyto změny ovlivněny nejen stářím vajec, ale též způsobem jejich uchovávání. Od okamžiku snesení dochází k odpařování vody z vejce, což se projevuje jako úbytek hmotnosti (ROSSI *et al.* 1995). Rychlost odpařování závisí na teplotě a relativní vlhkosti prostředí. Dále na ni mají vliv velikost vejce, stavba skořápky a počet pórů.

Mezi bílkem a žloutkem je u čerstvě sneseného vejce na obou stranách žloutkové membrány rozdílný osmotický tlak. Během stárnutí se projevuje snaha o jeho vyrovnání. Voda z bílku přechází do žloutku (PETERSEN *et al.* 1995). Zároveň přechází voda z řídkého bílku do hustého bílku a ten ztrácí svou vysokou viskozitu. Ačkoliv zdánlivě bílek řídne, což je způsobeno rozpadem gelovité struktury hustého bílku, obsah vody v bílku klesá a roste sušina. Naopak ve žloutku se zvyšuje obsah vody a sušina klesá. To může vést u starých vajec až k prasknutí žloutkové membrány a vylití žloutku do bílku. Během stárnutí dochází k zeslabování žloutkové membrány způsobenému strukturálními změnami, zejména rozpadem proteinových komplexů (BELLAIRS, BOYDE 1969).

Během stárnutí se zvětšuje vzduchová bublina na tupém konci vejce následkem úbytku vody. Zpočátku se průměr i výška vzduchové bubliny zvětšují rychleji, později se rychlost zpomaluje v závislosti na teplotě (ROSSI *et al.* 1995). V souvislosti s úbytkem hmotnosti a zvětšováním vzduchové bubliny se snižuje i měrná hmotnost vejce.

Vedle ztrát vody se z vejce uvolňuje též oxid uhličitý, který je rozpuštěný v bílku (HILL, HALL 1980). Čím je vyšší teplota, tím rychleji se CO_2 uvolňuje až do dosažení rovnovážné koncentrace CO_2 v bílku a okolním prostředí.

V důsledku vytěkání CO_2 se zvyšuje pH bílku z počáteční hodnoty 7,5 až na 9,6 (POWRIE 1977) a dochází ke změnám struktury hustého bílku (BURLEY, VADEHRA 1989). Síťovitá struktura (gel), tvořená především vlákny ovomucinu a komplexem ovomucin–lysozym (KATO *et al.* 1970) se rozpadá a uvolňuje se koloidně vázaná voda, což se projevuje řídnutím bílku a poklesem viskozity (KATO *et al.* 1981). Tyto změny se charakterizují měřením výšky hustého bílku a tzv. indexem bílku I_b ($I_b = H/D$), který je poměrem výšky (H) hustého bílku k jeho průměrné šířce (D) (HEIMAN, CARVER 1936). U čerstvě sneseného vejce je vrstva hustého bílku zřetelná, během stárnutí se ztenčuje a dochází k jeho rozlévání do šířky.

Obdobou indexu bílku je index žloutku I_z, který je poměrem výšky žloutku k jeho šířce (SAUTER *et al.* 1951). Během stárnutí hodnoty I_z klesají.

Již delší dobu se jako kritérium stárnutí žloutku používá měření indexu lomu žloutku. Průběh stárnutí se posuzuje podle rovnice: $(1{,}420 - n_D) \times 1000$, kde: 1,420 je index lomu žloutku čerstvě sneseného vejce při 17,5 °C a n_D je aktuální index lomu žloutku při 17,5 °C (JANKE, JIRAK 1934).

Stárnutím vajec se mění též vzhled skořápky, např. nerovnoměrné rozložení vlhkosti se projevuje skvrnitostí skořápky. Změny porfyrinových pigmentů vedou ke změnám fluorescence skořápky (SOLOMON 1987).

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 (SMITH, BACK 1965; DONOVAN, MAPES 1976). Vznikají komplexy lysozymu s ovotransferinem, ovomucinem, ovoalbuminem a ovomakroalbuminem. Ve žloutku ubývá lipovitelinová a livetinová frakce a přibývá frakce lipoviteleninová. Zvyšuje se obsah volných aminokyselin (LÜCK, PAVLIK 1963), zejména kyseliny glutamové, prolinu, leucinu, serinu, glycinu a methioninu. Volné aminokyseliny difundují ze žloutku do bílku. Tvoří se další nízkomolární dusíkaté sloučeniny, např. pyrimidinové báze (uracil) nebo nukleosidy (uridin) (MORRIS 1987; HIDALGO *et al.* 1996), kyselina močová, močovina a amoniak. Z bílku se amoniak uvolňuje do okolí, ve žloutku se hromadí, což má za následek zvýšení pH žloutku až na hodnotu 6,8 (LÜCK, PAVLIK 1963). Ve sta-

rých vejcích se koncentrace amoniaku ve žloutku pohybuje od 3,3 do 9,0 mg/100 g (PAULENZ, ENGST 1964), po překročení koncetrace 9 mg/100 g přestává být žloutek vhodný pro potravinářské účely. Obsah močoviny je u čerstvých vajec asi 3 mg/kg, během stárnutí se zvyšuje až na 40 mg/kg.

Během stárnutí vajec se zvyšuje v bílku obsah anorganického fosforu, který se v bílku čerstvě snesených vajec nachází v množství 0,2–0,3 mg/100 ml. Fosfor difunduje do bílku ze žloutku (GROSSFELD 1938), kde se tvoří rozkladem fosfoproteinů a fosfatidů. U vajec starších než 8 dní se obsah fosforu v bílku zvyšuje až na 0,5 mg na 100 ml a po 4 měsících skladování v chladu obsahuje bílek 1 až 2 mg P/100 ml. Rovněž železo difunduje ze žloutku do bílku (ROTH-MAIER *et al.* 1985) – po jedmom měsíci skladování dosahuje koncentrace až 74 mg/100 g.

Ztráty vitaminů během skladování vajec mohou dosahovat významných hodnot (REDDY, PANDA 1969). Nejvyšší úbytky byly zaznamenány u thiaminu (až 51 %) a kobalaminu (33 %). U ostatních vitaminů bývají ztráty nižší, např. u niacinu 18 %, u riboflavinu 14 %, u kyseliny panthotenové 18 % a u vitaminu A asi 10 %.

Znakem stárnutí vajec je též zvýšení tvorby organických kyselin (DAENENS, LARUELLE 1976; LITTMANN *et al.* 1982), jako je např. kyselina mléčná nebo jantarová, 2-hydroxymáselná, pyrohroznová a pyroglutamová. Naopak obsah některých organických kyselin klesá, např. kyseliny citronové a jablečné. Přítomnost kyseliny 2-hydroxymáselné zároveň signalizuje, že se jedná o oplodněné vejce (SALWIN *et al.* 1972). Reakcí aminokyseliny lysinu s glukosou vzniká furoylmethyllysin (furosin) (HIDALGO *et al.* 1995). Během stárnutí se též mění barva bílku i žloutku. U bílku přechází původní nazelenalý odstín na žlutý. U žloutku se objevuje tzv. mramorování, které je způsobeno nerovnoměrným rozložením pigmentů v důsledku změn koncentrace vody.

Pro spotřebitele jsou jedním z hlavních ukazatelů stárnutí změny smyslových vlastností. Čerstvé vejce má charakteristickou chuť a vůni, které se během stárnutí mění vlivem tvořících se metabolitů a absorpcí pachů z okolního prostředí. Vliv teploty a doby skladování na některé z uvedených faktorů ilustruje tab. 1.

Tab. 1. Změny některých znaků vajec po 28 dnech skladování při různé teplotě

Parametr	7 °C	22 °C
Hmotnost vejce (g)	58,8	56,3
Výška hustého bílku (mm)	5,35	2,75
Haughova jednotka (H.U.)	72,9	44,1
Hustý bílek (%)	100,0	9,0
Prasklý žloutek (%)	0,0	17,0

Kvalita vajec

Vejce jsou charakterizována různými kvalitativními kritérii, která se odvozují především od očekávaného způsobu použití a s ním souvisejících vlastností a znaků. Běžně uváděná kritéria kvality uvádí tab. 2.

Řada uvedených parametrů souvisí u čerstvého vejce s jeho složením, které je značně proměnlivé pokud se týče hmotnosti a zastoupení žloutku a bílku a značně komplikované pokud jde o chemické složení, takže nelze stanovit jednoznačně výchozí hodnoty, které by charakterizovaly čerstvé vejce (KNORR 1992; SCHOTYSEK 1995).

Při hodnocení kvality vajec hraje významnou roli kvalita vaječné skořápky, zejména její pevnost a pružnost, ale též vzhled a barva. Pevnost skořápky má velký vliv na ztráty při manipulaci s vejci během sběru, transportu a zpracování a je tedy důležitým ekonomickým faktorem.

Vlivům, které působí na vlastnosti skořápky, je v literatuře věnovaná značná pozornost, ale vzhledem k zaměření této práce nebudou blíže diskutovány.

Ve vyhlášce č. 327/1997 Sb. k Zákonu č. 110/1997 Sb. a v ČSN 57 2109 jsou specifikovány požadavky na jakost slepičích skořápkových vajec. Vejce se člení do dvou jakostních tříd (I a II) – tab. 3. Do I. jakostní třídy se řadí čerstvá vejce jakostní podskupiny A a A extra. Vejce jakostní podskupiny A musí být tříděna nejpozději 3. den po snášce, skladována při teplotách 5–18 °C a prodávána jako čerstvá maximálně 28 dní, z čehož může obchod čerpat 21 dní a spotřebitel ještě dalších 7. Vejce jakostní podskupiny A extra musí být tříděna nejpozději 2. den po snášce. Jako A extra mohou být uváděna na trh pouze 7 dní

Tab. 2. Kritéria kvality vajec

Charakteristika	Parametr
Vnější kvalita	
Velikost (hmotnost)	hmotnost vejce
Tvar	tvar, I_t
Barva	barva skořápky
Skořápka	procentické 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
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, odstín
Chuť, vůně, barva	celková přijatelnost
Nutriční hodnota	složení vejce

ode dne třídění, pak se zařazují do jakostní podskupiny A. Dodržení uvedených požadavků je jediným kritériem pro čerstvá vejce, neboť neexistuje objektivní všeobecně uznávaná metoda stanovení čerstvosti.

Do jakostní třídy II se řadí vejce jakostní podskupiny B. Tato vejce mohou být čerstvá i chladírenská nebo konzervovaná a používají se většinou na zpracování. Požadavky specifikované v české legislativě vycházejí z legislativy evropské (Nařízení rady č. 1907/90 EEC a Nařízení komise č. 1274/91 EEC), ale nejsou s ní zcela totožné. Předpisy EU jsou přísnější pokud jde o minimální trvanlivost, která se odvozuje ne od data třídění, ale od data snášky. Unifikace požadavků bude předmětem novelizace českých předpisů.

Metody stanovení kvality a čerstvosti konzumních vajec

Snahou výzkumných pracovníků zabývajících se problematikou vajec je objektivizovat způsoby stanovení kvality a čerstvosti vajec.

V současné době neexistuje žádná jednoznačná metoda, která by řešila tento problém. Při hodnocení čerstvosti a kvality vajec se většinou vychází z jednoduchých fyzikálních a fyzikálně chemických pozorování a měření, která mají často empirický nebo semiempirický charakter (SCHOLTYSSEK 1995). Jejich výhodou je snadnost provedení a rychlost, avšak přesnost a opakovatelnost dosahovaných výsledků je nízká.

Teprve v posledních letech se větší pozornost věnuje hledání kritérií, která vycházejí z chemických změn ve vaječném obsahu. Základem fyzikálních i chemických metod jsou popsané jevy, k nimž dochází během stárnutí vajec.

Fyzikální metody

Nejstarší a nejjednodušší je tzv. hydrometrická metoda, vycházející ze změn měrné hmotnosti vejce během stárnutí. Je založena na zkušenosti, že čerstvé vejce ponořené do nádoby s vodou nebo fyziologickým roztokem klesne ke dnu, během stárnutí se vznáší (vzduchová bublina směřuje nahoru) a staré vejce plave na hladině (ANONYM 1986).

K rychlému posouzení stáří vejce slouží velikost a poloha vzduchové bubliny. Toto kritérium je také, jako jedině měřitelné, obsaženo ve zmíněných legislativních předpisech (tab. 3). Velikost vzduchové bubliny se zjišťuje při prosvěcování vajec nebo po rozbití vejce speciálním měřítkem (postup a měřítko jsou popsány v ČSN 57 0116 – Metódy skúšania slepačích vajec konzumných, 1971).

Poměrně rozšířeným a uznávaným kritériem jakosti jsou Haughovy jednotky (H.U.) (HAUGH 1937; SILVERSIDES *et al.* 1993). Výpočet H.U. vychází z výšky hustého bílku a hmotnosti vejce. Hodnota H.U. se vypočte z rovnice, v níž ostatní parametry korigují výpočet tak, aby se vztahoval na vejce o hmotnosti 60 g. Pro výpočet H.U. existuje několi vztahů (NARUSHIN 1997), nejčastěji se používá následující rovnice:

$$\text{H.U.} = 100 \times \log (H - 1{,}7\, W^{0{,}37} + 7{,}6)$$

kde: H – výška hustého bílku (mm)
W – hmotnost vejce (g)

Dnes se k měření výšky hustého bílku používají přístroje, které zároveň vejce zváží a provedou výpočet H.U. V některých zemích západní Evropy se měření H.U. zavádí do systémů řízení kvality (QMS) a je zakotveno v legislativních předpisech. Hodnoty H.U. bývají též uváděny i na malospotřebitelském balení. Hraniční hodnotou je H.U. = 60. Vejce s nižší hodnotou H.U. jsou z hlediska kvality neakceptovatelná. Vejce s hodnotou mezi 65–70 jsou hodnocena jako přijatelná, nad 80 jako velmi dobrá, nad 90 jako vynikající (ANONYM 1998). Ostatní fyzikální metody založené na měření indexu žloutku, měření pH bílku a indexu lomu žloutku a reologických vlastností se používají pouze omezeně.

Pro technologické účely se též stanoví schopnost tvorby pěny (šlehatelnost) a její trvanlivost, emulgační kapacita, pekařské vlastnosti, barva žloutku apod. (KNORR 1992). Barva žloutku je vnímána konzumenty jako významný znak kvality, např. v Německu se hodnotí kvalita vejce především podle barvy žloutku. Barva žloutku se měří pomocí Rocheovy stupnice (VUILLEUMIER 1969). Požadavky na intenzitu barvy jsou v různých zemích různé. V Německu by mělo mít vejce hodnotu stupnice Roche 13–15, ve Velké Británii stačí 9–11, u nás jsou obvyklé hodnoty 11–13.

Tab. 3. Požadavky pro jednotlivé třídy jakosti

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 při balení nepohyblivá	< 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 tělíska	nepřípustná		nepřípustná
Vaječný obsah	bez cizího pachu		bez cizího pachu
Přípustné odchylky	7 %, 1 % cizí tělíska, 4 % prasklá		7 %

Chemické metody

Chemické metody vycházejí ze stanovení vybraných metabolitů vznikajících během stárnutí vejce. Jejich rozvoj je záležitostí posledních let, neboť je podmíněn moderními instrumentálními metodami. Vzhledem k tomu, že se jedná o metody časově i přístrojově náročné, nelze očekávat jejich rozšíření v podmínkách produkce a zpracování vajec, ale mohou být vhodným nástrojem pro kontrolní sféru, kde přispívají k objektivizaci hodnocení vajec.

Nejdéle používanou metodou je stanovení vybraných organických kyselin. Za kvalitativní znak a též za kritérium zdravotní nezávadnosti byl stanoven obsah kyseliny mléčné, který nesmí přestoupit 1000 mg/kg sušiny, kyseliny jantarové (max. 25 mg/kg sušiny) a kyseliny 2-hydroxymáslené (max. 10 mg/kg sušiny). Uvedené limity se již staly součástí legislativy EU (Směrnice rady č. 89/437/ /EHS), v české legislativě zatím požadovány nejsou. Tvorba těchto kyselin souvisí se stárnutím vajec, mikrobiální kontaminací a oplodněností vajec. Stanovení kyseliny mléčné, jantarové a 2-hydroxymáslené se provádí nejčastěji enzymově (pomocí komerčních setů) (CATTANEO, BALZARETII 1989).

Ke stanovení se používá i izotachoforesa, vysoce účinná kapalinová nebo plynová chromatografie (LITTMANN 1985). Nevýhodou této metody je, že nejvyšší přípustná množství jsou překračována až u vajec a vaječných hmot silně znehodnocených a tedy prakticky nepoživatelných. Vedle těchto v legislativě EU používaných metod stanovení uvedených kyselin bylo navrženo sledovat i změny koncentrace kyseliny pyroglutamové (5-oxopyrolidin-2--karboxylové) a kyseliny močové (ROSSI, POMPEI 1995). Kyselina pyroglutamová vzniká ve vejcích z glutathionu enzymovými reakcemi (γ-glutamylový cyklus). K analýze bylo použito metody HPLC. Obsah kyseliny pyroglutamové v bílku byl navržen jako kvalitativní kritérium pro vejce jakostní podskupinyA, kde nesmí překročit hodnotu 15 mg/kg, a jakostní podskupiny A extra, kde je limitující hodnota 5 mg/kg (ROSSI *et al.* 1995a). Koncentrace kyseliny pyroglutamové ve žloutku sice dosahuje vyšších hodnot (až 170 mg/kg), ale silně kolísá v závislosti na věku nosnice (maximálních hodnot dosahuje uprostřed snáškového cyklu), takže pro žloutek a vaječnou melanž není vhodným (reprodukovatelným) kritériem jakosti. Koncentrace kyseliny močové se během stárnutí vejce významně nemění a kolísá okolo 10 mg/kg.

Z metabolitů vznikajících během stárnutí je ještě zajímavý obsah uridinu v bílku, který se během skladování vajec zvyšuje exponenciálně v závislosti na skladovací teplotě (LUCISANO *et al.* 1996). Přirozený obsah v bílku se pohybuje okolo 15 mg/kg. Během skladování při nízkých teplotách (5 °C) zůstává poměrně dlouho jeho obsah konstantní a zvyšuje se až po 150 dnech, což může být zajímavé pro detekci délky skladování vajec. Při 20 °C se jeho obsah zvýší 10krát již za dva měsíce. Pro sledování čerstvosti vajec je však toto kritérium málo citlivé.

Z dalších měřitelných parametrů byla věnována pozornost tvorbě furosinu v bílku i žloutku během stárnutí při různých skladovacích podmínkách (HIDALGO *et al.* 1995, 1996; LUCISANO *et al.* 1996). Jak již bylo zmíněno, furosin (furoylmetyllysin) vzniká jako produkt reakce D-glukosy s lysinovými zbytky bílkovin. Stanovuje se metodou HPLC. Ve žloutku se obsah furosinu příliš nemění, v bílku díky alkalickému prostředí probíhá Maillardova reakce rychleji a intenzivněji. Stanovení furosinu v bílku bylo navrženo komisi EU jako slibné kritérium kvality vajec. Čerstvě snesené vejce musí obsahovat méně než 25 mg furosinu ve 100 g bílku, obsah furosinu ve vejcích jakostní podskupiny A by neměl překročit 90 mg/100 g bílku a ve vejcích jakostní podskupiny A extra 60 mg/100 g bílku. Zavedení tohoto kritéria se však dosud plošně nerozšířilo a uvedené hraniční hodnoty nebyly dosud dostatečně statisticky potvrzeny.

ROSSI *et al.* (1995) navrhli ke stanovení čerstvosti vajec reakcí bílku s 3,3',5,5'-tetrametylbenzidinem (TMB). Reakcí železa, jehož obsah se v průběhu stárnutí v bílku zvyšuje, vzniká s TMB barevný produkt s absorpčními maximy při 370, 450 a 650 mm. Nárůst absorbance při 370 mm je v signifikantní korelaci se zvětšováním vzduchové bubliny.

Jinou dosud nerozšířenou metodou je sledování čerstvosti nukleárně magnetickou resonanční spektroskopií (CAPOZZI *et al.* 1997), kterou se sleduje rychlost uvolňování protonů vody v hustém a řídkém bílku.

Poměrně malá pozornost byla dosud věnována zastoupení a změnám těkavých látek obsažených ve vaječném žloutku, což souvisí s citlivostí používaných metod. Těkavé látky jsou v korelaci se senzorickým hodnocením vajec a podílejí se na vůni a chutnosti vajec. Mohou být jedním z kritérií hodnocení čerstvosti a kvality vajec. Přítomnost těkavých mastných kyselin a jejich degradačních a oxidačních produktů nabývá významu v posledních letech, kdy se zvýšená pozornost věnuje vejcím s modifikovaným obsahem polynenasycených mastných kyselin.

Problematika těkavých látek bude diskutována v samostatné studii.

Literatura

ANONYM (1986): Monitoring egg shell quality by specific gravity. Poultry Tribune, **11**: 20–21.

ANONYM (1998): Crack the quality myth. Int. Poultry Product.

BELLAIRS R., BOYDE A. (1969): Scanning electron microscopy of the shell membranes of the hen's egg. Zellforsch., **96**: 237–249.

BURLEY R. W., VADEHRA D. V. (1989): The Avian Egg. Chemistry and Biology. John Wiley & Sons, New York.

CAPOZZI F., LUCHINAT A., BETTINI A., MELUZZI A., FRANCHINI A. (1997): Shell egg freshness evaluated by nuclear magnetic resonance spectroscopy of albumen. In: Proc. VII Eur. Symp. Quality of Eggs and Egg Products. Poznaň: 198–207.

CATTANEO P., BALZARETTI C. (1989): Valutazione per via enzimatica della qualitá degli ovoprodotti. Ind. Aliment., **XXVIII**: 369–371.

DAENENS. P., LARUELLE L. (1976): Lactic and succinic acid levels and refractive indices in the determination of the age of eggs. J. AOAC, **59**: 613–616.

DONOVAN J. W., MAPES C. J. (1976): A differencial scaning calorimetric study of conversion of ovoalbumin to S-ovoalbumin in eggs. J. Sci. Food Agric., **27**: 197.

GROSSFELD J. (1938): Handbuch der Eierkunde. Verlag Julius Springer, Berlin.

HAUGH R. R. (1937): The Haugh Unit for measuring egg quality. U.S. Egg Poult. Mag., **43**: 552–555, 572–573.

HEIMAN V., CARVER J. S. (1936): The albumen index as a physical measurrement of observed egg quality. Poultry Sci., **15**: 141–148.

HIDALGO A., ROSSI M., POMPEI C. (1995): Furosine as a freshness parameter of shell eggs. J. Agr. Food Chem., **43**: 1673–1677.

HIDALGO A., LUCISANO M., CHOMELLI E. M., POMPEI C. (1996): Evolution of chemical and physical yolk characteristic during the storage of shell eggs. J. Agr. Food Chem., **44**: 1447–1452.

HILL A. T., HALL J. W. (1980): Effect of various combinations of oil spraying, washing, saniting, storage time, strain and age of layers upon albumen. Quality changes in storage and minimum sample sizes required for their measurements. Poultry Sci., **59**: 22–37.

JANKE A., JIRÁK L. (1934): Über die Alternung des Hühnereies und ihre Erkennung. Biochem. Z., **291**: 309–323

KATO A., IMOTO T., YAGISHITA K. (1975): The binding groups in ovomucin–lysozyme interaction. Agric. Biol. Chem., **39**: 541–544.

KATO A., NAKAMURA R., SATO Y. (1970): Studies on changes in stored shell eggs. Part V. The difference in the chemical and physicochemical properties of ovomucin between the thick and thin white. Agric. Biol. Chem., **34**: 854–859.

KATO A., OGATA S., MATSUDOMI N., KOBAYASHI K. (1981): A comparative study of aggregated and disaggregated ovomucin during egg white thinning. J. Agr. Food Chem., **29**: 821–823.

KNORR R. (1992): Zur Qualität von Eiprodukten. Arch. Geflügelk., **56**: 189–196.

LITTMANN S. (1985): Zur chemischanalytischen Untersuchung von Eierprodukten und Beurteilung ihres hygienischen Zustandes an Hand des Gehaltes an verderbsspezifischen organischen Säuren. Deu. Lebensmittel. Rundsch., **81**: 345–350.

LITTMANN S., SCHULTE E., ACKER L. (1982): Beurteilung des hygienischen Zustandes von Eierprodukten vor der Pasteurisierung über das Muster der Organischen Säuren. Z. Lebensm.-Unters. Forsch., **175**: 101–105.

LUCISANO M., HIDALGO A., COMELLI E., ROSSI M. (1996): Evolution of chemical and physical albumen characteristics during the storage of shell eggs. J. Agr. Food Chem., **44**, 1235–1240.

LÜCK E., PAVLIK A. (1963): Veränderungen der freien Aminosäuren in Schalleneiern während der Lagerung. Z. Lebensm.-Unters. Forsch., **123**: 282–293.

MATSUDOMI N., YAMAMURA Y., KOBAYASHI K. (1986): Deamination of ovalbumin during S-ovalbumin conversion. Agric. Biol. Chem., **50**: 1389

MORRIS C. E. (1987): Determination of uracil uridine and formic acid in egg products by HPLC. J. Chromat., **394**: 408–413.

NARUSHIN V. G. (1997): The Haugh Unit 60 year after: new mathematical vision. In: Proc. VII Eur. Symp. Quality of Eggs and Egg Products. Poznaň: 244–247.

PAULENZ H., ENGST R. (1964): Zum Ammoniakgehalt von Eiklar und Eigelb. 2 . Mitt. Über den Einfluß der Lagerung auf Ammoniakgehalt und Frischezustand von Schalleneiern. Nahrung, **8**: 567–576.

PETERSEN J., WERNER G., MENNICKEN L. (1995): Weight related shifts of yolk and albumen components during egg storage. In: Proc. VIth Eur. Symp. Quality of eggs and egg products. Zaragoza: 147–154.

POWRIE W. D. (1977): Chemistry of eggs, and egg products. In: STADELMAN W. I., COTTERILL O. J. (Eds.): Egg Science & Technology. AVI Publishing, Westport, CT: 65–91.

REDDY M. S., PANDA B. (1969): Chemical changes occurring in shell eggs during storage – A review. J. Food Sci. Techn., **6**: 257–262.

ROSSI M., HIDALGO A., POMPEI C. (1995): Clasical methods and new proposal for rapid evaluation of shell egg freshness. In: Proc. VIth Eur. Symp. Quality of eggs and egg products. Zaragoza: 23–31.

ROSSI M., POMPEI C. (1995): Changes in some components and analytical values due to hen age. Poultry Sci., **74**: 152–160.

ROSSI M., POMPEI C., HIDALGO A. (1995a): Freshness criteria based on physical and chemical modifications occurring in eggs during aging. Ital. J. Food Sci., **2**: 147–156.

ROTH-MAIER D. A., KIRCHGESSNER M., REITHMAYER F. (1985): Gehalte und Verteilung verschiedener Sprunelementen im Hühnerei. Arch. Geflügelk., **49**: 188–190.

SALWIN H., STARUSZKIEWICZ W. F., BOND J. (1972): Formation of β-hydroxybutyric acid in eggs during incubation. J. AOAC, **55**: 458–460.

SAUTER F. A., STADELMAN W. J., HARNS V., MC LAREN B. A. (1951): Methods for measuring of yolk index. Poultry Sci., **30**: 629–630.

SCHOLTYSSEK S. (1995): Egg Quality – Criticism to some egg quality traits. Arch. Geflügelk., **59**: 274–281.

SILVERSIDES F. G., TWIZEYIMANA F., VILLENEUVE P. (1993): A study relating to the validity of the Haugh unit correction for egg weight in fresh eggs. Poultry Sci., **72**: 760–764.

SMITH M. B., BACK J. F. (1965): The formation and properties of S-ovoalbumin a more stable form of ovoalbumin. Aus. J. Biol. Sci., **18**: 365.

SOLOMON S. E. (1987): Egg shell pigmetation. In: Quality-Current Problems and Recent Advances. Butterworth, London: 147–157.

STADELMAN W. J. (1986): Quality preservation of shell eggs. In: Egg Science and Technology. 3. vyd. AVI Publ. Co., Westport, CT.

VUILLEUMIER J. P. (1969): The "Roche Yolk Colour Fan" – an instrument for measuring yolk colour. Poultry Sci., **48**: 767–779.

Kontaktní adresa:

Prof. Ing. JIŘÍ DAVÍDEK, DrSc., Vysoká škola chemicko-technologická, Ústav chemie a analýzy potravin, Technická 5, 166 28 Praha 6, Česká republika, tel.: + 420 2 24 35 31 79, fax: + 420 2 311 99 90, e-mail: Jiri.Davidek@vscht.cz