

POVEZAVA MED KAROTENOIDI V SILIRANEM KORUZNEM ZRNJU IN BARVO RUMENJAKA *

Eva TKALČIČ^{a)}, Jasna M.A. STEKAR^{b)} in Antonija HOLCMAN^{c)}

^{a)} Kmetijsko gozdarski zavod Maribor, Vinarska 14, SI-2000 Maribor, Slovenija, mag.

^{b)} Univ. v Ljubljani, Biotehniška fak., Odd. za zootehniko, Groblje 3, SI-1230 Domžale, Slovenija, prof., dr.

^{c)} Isti naslov kot b), doc., dr., mag.

Delo je prispelo 15. junij 2001, sprejeto 08. oktobra 2001.

Received June 15, 2001, accepted October 08, 2001.

IZVLEČEK

V krmilnem preskusu s 600 nesnicami isa brown smo ugotavljali učinek siliranega koruznega zrnja na obarvanost rumenjaka ter na vsebnost beta karotena in ksantofilov. Pri 32. tednu starosti smo kokoši razporedili v šest skupin, po sto v vsako. Preskus je trajal 154 dni. Primerjali smo dva koruzna hibrida, raissa in lotus. V obroku je bilo 40 oz. 60 odstotkov suhe snovi iz siliranega zrnja. Dopolnilna krmna mešanica je bila v obeh primerih enaka. Skupine s preskusnimi obroki in ena kontrolna s krmno mešanico brez dodanega barvila so dobivale odmerjen obrok. V drugi kontrolni skupini so nesnice dobile popolno krmno mešanico po volji. Rezultate smo statistično obdelali s programskim paketom SAS/STAT (SAS Institute Inc., 1989). Obrok s 60 odstotki silaže je značilno temneje obarval rumenjaka. Količina ksantofilov v silaži je bila značilno povezana z vsebnostjo barvil v rumenjaku. Koruzni hibrid raissa je rumenjaka obarval temneje. Lotus je povečal vsebnost beta karotena v rumenjaku. Med hibridoma ni bilo razlik v vsebnosti beta karotena, lotus je vseboval značilno manj ksantofilov.

Ključne besede: prehrana živali / krma / silaža / koruzno zrnje / hibridi / beta karoten / ksantofili / jajca / rumenjaka / barva

CONNECTION AMONG CAROTENOIDS IN MAIZE SILAGE AND YOLK COLOUR †

ABSTRACT

In the feeding trial with 600 laying hens of Isa Brown the effect of ensiled maize grains on colour of yolk and content of beta carotene and xanthophylls was studied. At the age of 32 weeks the hens were divided into six groups, each contained 100 animals. The experiment lasted 154 days. Two maize hybrids Raissa and Lotus were compared. In the ration there were 40 % and 60 % of dry matter from the ensiled grains respectively. The supplemental feeding mixture was the same in both cases. Groups on trial rations and one control group on feeding mixture with no added pigment were fed restrictively. In the second control group the laying hens were fed on complete feeding mixture *ad libitum*. The results were statistically processed by SAS/STAT (SAS Institute Inc., 1989). Rations with 60 % of silage caused significantly darker colour of yolk. The amount of xanthophylls in the silage was significantly related to xanthophylls in yolk. The content of xanthophylls in yolk depended on their content in rations. The maize hybrid Raissa affected the darker of yolk colour. Lotus increased the content of beta-carotene in yolk.

* Prispevek je del magistrskega dela (zagovor 22. februar 2001), mentorica prof.dr. Jasna Stekar, somentorica doc.dr. Antonija Holcman.

† The article is a part of the master of science thesis (justification February 22, 2001), supervisor prof. Jasna Stekar, Ph.D., co-advisor ass.prof. Antonija Holcman, Ph.D.

There were no differences in the content of beta-carotene between the hybrids while Lotus contained significantly less xanthophylls.

Key words: animal nutrition / feed / silage / maize grains / hybrids / beta carotene / xanthophylls / eggs / yolk / colour

UVOD

Barva jajčnega rumenjaka je zelo pomembna lastnost jajc. V tujih raziskavah so ugotovili, da porabniki barvo rumenjaka postavljajo med tri najpomembnejše kazalce kakovosti. Na lestvici z oceno od 1 do 6 točk se je barva rumenjaka uvrstila med 4 in 5 točkami (Hernandez, 1998). Omenjena raziskava je tudi pokazala, da 62 odstotkov kupcev želi rumenjaka s 14 enotami po Rochejevi skali, 22 odstotkov z 12, 8 odstotkov pa z 10 oz. 8 enotami. Z anketo, opravljeno na slovenskem trgu (Holcman in sod., 1997), so ugotovili da so le 4 odstotki vprašanih barvo jajčnega rumenjaka uvrstili med nepomembne kazalce kakovosti. Polovici je ustrezala rumena barva, 38 odstotkov naključno izbranih porabnikov pa je želelo intenzivno rumeno obarvan jajčni rumenjaka.

Barva jajčnega rumenjaka je odvisna od naravnih in dodanih sintetiziranih barvil v mešanice, ki jih nesnice dobijo v obroku. Karotenoidi z odsevom svetlobe povzročijo zaznavo barve. S sintezo nastajajo karotenoidi samo pri višjih rastlinah, algah, bakterijah in glivah. Rumeni ksantofili so v obroku nujni in vplivajo na rumeno barvo rumenjaka. Lutein ima najmanjšo valovno dolžino 445 nm, zeaksantin 450 nm. Valovna dolžina sintetiziranega apoestra je 449 nm. Iz krme se v jajčni rumenjaka prenese 40 do 50 odstotkov apoestra, naravnih barvil pa le 12 do 20 odstotkov. Učinek rdečih ksantofilov z valovno dolžino med 465 nm in 475 nm je po presnovi kantaksantina 35 do 45 odstoten, citranaksantina 10 do 15 odstoten in kapsantina ter kapsorubina le 6 do 8 odstoten (Egg yolk pigmentation with Carophyll, 1998).

V slovenski raziskavi, ki je vključevala barvo jajčnega rumenjaka (Kavc, 1990), so dosegala kmečka jajca nekaj več kot 8 enot po Rochejevi skali, kar pa je za porabnika komaj sprejemljivo, medtem ko so imela jajca velikih farm dobro obarvane rumenjake. Avtorica je tako ugotovila, da je na barvo jajčnega rumenjaka vplivala tehnologija reje nesnic.

Holcmanova (1990) je v obsežni raziskavi z dvema linijama kokoši čistopasemske rodajland red (RIR) in križanke S-linija \times RIR (R) v baterijski in talni reji, proučevala kakovost jajc. V populaciji mater (na 2111 jajcih) in pri obeh skupinah potomk (na 5343 jajcih) je merila tudi barvo rumenjaka. Ugotovila je, da je bila kakovost jajc statistično značilno odvisna od načina reje nesnic. Jajca kokoši v baterijski reji so imela jajčni rumenjaka temnejši. Med čistopasemskimi kokošmi in križankami so bile razlike v barvi rumenjaka neznatne. Med kokošmi RIR in križankami R je za barvo rumenjaka ugotovila genetsko korelacijo 0,39.

North in Bell (1998) sta pisala, da je barva rumenjaka odvisna predvsem od količine in vrste ksantofilov v krmi. Poleg tega pa na barvo rumenjaka vpliva še sestava obroka, saj maščobe pospešujejo absorpcijo ksantofilov, nekatere sestavine z vsebnostjo žvepla in stranski produkti živilsko predelovalnih obratov pa jo zmanjšujejo. Črevesne bolezni zmanjšujejo resorbcijo ksantofilov v tankem črevesu, stres pa lahko povzroči manjši pretok barvil v ovarij. Različni odtenki barve rumenjaka so lahko posledica načina reje, pasme in posamezne živali. Avtorja v objavi navajata, da nespremenjena količina ksantofilov v obroku svetleje obarva rumenjaka v obdobju naraščajoče nesnosti. Za stabilno oskrbo kokoši s ksantofili priporočata dodajanje antioksidantov v krmne mešanice.

Sintetizirana barvila za obarvanje jajčnega rumenjaka so v dveh barvah. Rumena barvila so na trgu z imenom beta apo 8 Carotenol in beta apoester. V praksi se pogosteje uporablja apoester zaradi delovanja v sintezi vitamina A, hkrati pa je učinkovito barvilo. Učinek dopolnjevanja rumenih in rdečih karotenoidov se izrablja za pripravo najugodnejšega razmerja barvil v krmni mešanici za nesnice jedilnih jajc. Idealna barva rumenjaka 13 Rochejevih enot se doseže z najmanj 9 ppm rumenih in 3,5 ppm rdečih ksantofilov v krmi (Huyghebeart, 1993).

Za določanje barve jajčnega rumenjaka je še vedno najbolj uporabna metoda z Rochejevo barvno pahljačo (Roche Colour Fan). Rezultat dveh drugih sistemov NEPA (National Egg Products Association) in AOAC (Association of Official Analytical Chemists) ne pokaže barve rumenjaka temveč vsebnost barvil. Fletcher (1992) govori o razliki med obarvanostjo oz. vsebnostjo barvil in barvo oz. količino svetlobe, ki se odbije od površine. Z naraščanjem koncentracije barvil se odtenek barve rumenjaka spreminja od rumene prek oranžne do rdeče.

Na spremembo barve rumenjaka daljše skladiščenje jajc in nihanje temperature neugodno vpliva (Egg yolk pigmentation with Carophyll, 1998).

MATERIAL IN METODE DELA

V krmilnem preskusu smo s kokošmi provenience isa brown med skupinami različno krmljenih kokoši ugotavljali vpliv barvil v silaži na barvo rumenjaka in vsebnost beta karotena in ksantofilov.

Preglednica 1. Načrt preskusa
Table 1. Plan of the experiment

	Priprava Preparation		Predpreskus Pre-trial	Preskus / Trial					
	Jarkice Pullets	Kokoši / Hens		Skupine / Groups					
				I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
n	1400	1400	6 × 100	100 (+20)	100 (+20)	100 (+20)	100 (+20)	100 (+20)	100 (+20)
	Starost živali v tednih / Animals' age, weeks								
	0–18	21–31	32–39	40–61					
Krma Feed	Popolna krmna mešanica Complete feeding mixture		Silirano koruzno zrnje + dopolnilna krmna mešanica brez barvil (DKM) Ensiled maize grain + supplemental feeding mixture with no pigment (SFM)	Popolna krmna mešanica Complete feeding mixture					
	za jarkice for pullets	za nesnice jedilnih jajc for laying hens		brez barvil no pigment	z barvili with pigment				
Krmljenje Feeding	<i>ad lib.</i>			Odmerjeno po nesnici na dan, g Restricted per laying hen, day, g					<i>ad lib.</i> , g
	Obrok / Ration			134	143	134	143	120	
	Hibrid / Hybrid			raissa / Raissa		lotus / Lotus		-	-
	Silaža / Silage			64	96	64	96		
	SS / DM			42,4	63,6	42,4	63,6		
	SS / DM, %			40	60	40	60		
	DKM / SFM			70	47	70	47	-	-
	SS / DM			63,6	42,4	63,6	42,4	106	106
	SS / DM, %			60	40	60	40		

Preskus je trajal 154 dni, in to med 41. in 61. tednom starosti nesnic.

Način reje in opis živali, sestava krme in obrokov ter krmljenje podrobno opisujejo Stekar in sod. (1998) in Tkalčič in sod. (2000).

Mešanica vitaminov in mineralov v dopolnilni in popolni krmni mešanici

Premiks dopolnilne krmne mešanice ni vseboval barvila za obarvanje jajčnega rumenjaka. Enak premiks, 0,5 %, smo dodajali popolni krmni mešanici z 58,12 % koruske neznanega hibrida

in izvora. Obrok smo pokladali odmerjeno. Popolna komercialna krmna mešanica je vsebovala vitaminsko mikromineralni premiks PN-K-B-PIGM-F za nesnice jedilnih jajc. Pripravili so ga v mešalnici LEK Veterina, Lipovci. V sestavi premiksa je karotenoid s komercialnim imenom Carophyll Red, ki se dodaja v krmo za obarvanje jajčnega rumenjaka in vsebuje v enem kg 100 g ksantofila kantaksantina. Barvilo je rdeče, v obliki kroglic s premerom 0,32 mm. V gramu barvila je 0,1 milijon delcev. Oba premiksa sta ustrezala Pravilniku o kakovosti krme (Ur.l. SFRJ, 15/89, str. 381).

Merjenje barve rumenjaka in določitev beta karotena in ksantofilov

Za merjenje barve rumenjaka smo tedensko iz vsake skupine naključno odbrali po 20 jajc. Obarvanost jajčnega rumenjaka smo torej ocenili na 380 jajcih vsake skupine oz. v vseh skupinah na 2280 jajcih. Jajca so bila stara en dan in hranjena pri sobni temperaturi. Za meritev smo uporabljali kolorimeter. Aparaturo so razvili na yorški univerzi (University of York) v Veliki Britaniji.

Intenzivnost rumenjake barve se izraža v Rochejevih enotah in se giblje med 1 in 15. Meritve smo opravili v laboratoriju za kakovost jajc Oddelka za zootehniko.

Za določitev ksantofilov in beta karotena v silaži in jajčnem rumenjaku smo vzorce pripravili trikrat v času preskusa. Vsak vzorec je vseboval rumenjake desetih jajc. Pri postopku liofilizacije, ki smo jo opravili v kemičnem laboratoriju Inštituta za prehrano Biotehniške fak., smo zamrznjene vzorce, izpostavljene pod pritiskom, sušili pri temperaturi od -10°C do -3°C .

Za določitev ksantofilov in beta karotena so uporabili metodo iz Methodenbuch III (Bassler in Buchholz, 1993). Analize so izvedli na Kmetijskem inštitutu Slovenije.

Statistična analiza podatkov

Statistično smo podatke za posamezno opazovano lastnost obdelali s programskim paketom SAS/STAT (SAS Institute Inc., 1989).

Z raziskavo smo želeli ugotoviti učinek barvila v siliranem koruznem zrnju, ki je vključeno v krmne obroke nesnic jedilnih jajc na barvo jajčnega rumenjaka in na vsebnost beta karotena in ksantofilov v rumenjaku in to v obrokih z različnim deležem silaže. Zanimal nas je vpliv dveh koruznih hibridov iz različnih zrelostnih skupin na vsebnost barvil in barvo rumenjaka kakor tudi vpliv hibrida na vsebnost ksantofilov in beta karotena v silaži. Posebej smo spremljali povezavo med vsebnostjo ksantofilov in beta karotena v silaži in barvo rumenjaka ter vpliv ksantofilov v silaži na njih količino v rumenjaku.

Vpliv hibrida na vsebnost ksantofilov in beta karotena v silaži

Ugotavljali smo razlike v vsebnosti ksantofilov in beta karotena v silaži obeh hibridov. Pri tem smo upoštevali vpliv hibrida (H_i) in teden (t_{ij}), v katerem je bil vzorec odvzet. Zaporedje analiziranih vzorcev je pokazalo padajoče vrednosti, zato smo uporabili linearno regresijo.

$$y_{ij} = \mu + H_i + b(t_{ij} - \bar{t}) + e_{ij} \quad [1]$$

y_{ij} = opazovana lastnost (ksantofili in beta karoten v silaži); μ = srednja vrednost; H_i = vpliv hibrida ($i = 1-2$); b = regresijski koeficient; t_{ij} = vpliv tedna; \bar{t} = povprečna vrednost; e_{ij} = ostanek.

Vpliv skupin nesnic z različnimi obroki na barvo jajčnega rumenjaka, ter na vsebnost ksantofilov in beta karotena v jajčnem rumenjaku

Pojasnjevali smo barvo jajčnega rumenjaka, vsebnost ksantofilov ter beta karotena v jajčnem rumenjaku. Statistični model je vključeval vpliv skupine (S_i) in vpliv tedna nesnosti (t_{ij}) oz. starost kokoši. Za pojasnitev teh lastnosti je bila primerna linearna regresija.

$$y_{ij} = \mu + S_i + b(t_{ij} - \bar{t}) + e_{ij} \quad [2]$$

y_{ij} = opazovana lastnost (barva rumenjaka, ksantofili oz. beta karoten v rumenjaku); μ = srednja vrednost; S_i = vpliv skupine ($i = 1-6$); b = regresijski koeficient; t_{ij} = vpliv tedna; \bar{t} = povprečna vrednost; e_{ij} = ostanek.

Vpliv vsebnosti ksantofilov in beta karotena v silaži na barvo rumenjaka

Pojasnili smo barvo jajčnega rumenjaka v odvisnosti od količine ksantofilov in beta karotena v silaži. V modelu smo upoštevali vpliv deležev silaže ter vsebnost ksantofilov in beta karotena v suhi snovi silaže. V času preskusa je izrazitost barve rumenjaka kakor tudi količina ksantofilov in beta karotena upadala, tako je bil njihov medsebojni odnos pojasnjen z linearno regresijo.

$$y_{ijk} = \mu + D_i + b_I(x_{ij} - \bar{x}) + b_{II}(z_{ij} - \bar{z}) + e_{ijk} \quad [3]$$

y_{ijk} = opazovana lastnost (barva rumenjaka); μ = srednja vrednost; D_i = delež silaže; b_I, b_{II} = regresijska koeficienta; x_{ij} = vsebnost ksantofilov v SS silaže; \bar{x} = povprečna vrednost; z_{ij} = vsebnost beta karotena v SS silaže; \bar{z} = povprečna vrednost; e_{ijk} = ostanek.

Vpliv ksantofilov v siliranem koruznem zrnju na količino ksantofilov v rumenjaku

Upoštevali smo oba koruzna hibrida (H_i) in dva različna deleža silaže (D_{ij}) v obroku. Za pojasnitev medsebojnega odnosa ksantofilov v silaži in rumenjaku je zadoščala linearna regresija.

$$y_{ijk} = \mu + H_i + D_{ij} + b(x_{ijk} - \bar{x}) + e_{ijk} \quad [4]$$

y_{ijk} = opazovana lastnost (ksantofili v rumenjaku); μ = srednja vrednost; H_i = vpliv hibrida; D_{ij} = vpliv deleža silaže; b = regresijski koeficient; x_{ijk} = vpliv ksantofilov; \bar{x} = povprečna vrednost; e_{ijk} = ostanek.

REZULTATI IN RAZPRAVA

Rutinske kemijske analize silaž in krmnih obrokov navaja Tkalčič (2001).

Ksantofili in beta karoten v siliranem koruznem zrnju

V krmni obrok za nesnice smo vključili dva koruzna hibrida. Ksantofile in beta karoten smo analizirali trikrat, in to v petnajstem (17. apr.), šestnajstem (23. apr.) in devetnajstem tednu (14. maj) krmnega preskusa. (pregl. 2).

Vzorci so bili analizirani v paralelkah. Koruzni hibrid lotus vsebuje v povprečju za 4,5 mg manj ksantofilov v kg suhe snovi. Oba hibrida dosegata največjo vrednost ob prvem vzorčenju. V vsebnosti beta karotena med hibridoma v povprečju ni razlike (pregl. 3).

Hibrid raissa vsebuje povprečno 18,9 mg ksantofilov in 0,68 mg beta karotena v kilogramu suhe snovi silaže. Hibrid lotus vsebuje povprečno 14,4 mg kg^{-1} ksantofilov in 0,68 mg beta karotena v kg suhe snovi silaže.

Preglednica 2. Vsebnost ksantofilov in beta karotena v siliranem koruznem zrnju, mg kg⁻¹SS
Table 2. Xanthophylls and beta carotene contents in the ensiled maize grain, mg kg⁻¹SS

Datum vzorčenja Date of sampling	Raissa		Lotus	
	Ksantofili Xanthophylls	Beta karoten Beta carotene	Ksantofili Xanthophylls	Beta karoten Beta carotene
17. april / 17 th April	20,4	0,86	15,3	1,09
	20,2	0,83	17,1	0,76
23. april / 23 rd April	19,1	0,54	13,4	0,58
	20,9	0,85	13,4	0,51
14. maj / 14 th May	16,1	0,53	13,9	0,61
	16,7	0,49	13,3	0,55
Povprečje / Average	18,9	0,68	14,4	0,68

Vsebnost ksantofilov oz. beta karotena je značilno različna med vzorčenji (pregl. 3). Koruzni hibrid ima značilen vpliv na vsebnost ksantofilov.

Preglednica 3. Vpliv hibridov na vsebnost ksantofilov in beta karotena v silaži, model [1]
Table 3. The effect of hybrids on the content of xanthophylls and beta carotene in silage, model [1]

Vpliv / Effect		p-vrednost* P-value* t-test	Razlika med hibridoma ± standardna napaka ocene, mg kg ⁻¹ SS Difference between hybrids ± standard error of estimate, mg kg ⁻¹ DM	Regresijski koeficient (b) ± standardna napaka ocene Coefficient of regression (b) ± standard error of estimate
Vzorčenje Sampling	ksantofili xanthophylls	0,0025		-1,6250 ± 0,3926
	beta karoten beta carotene	0,0063		-0,1700 ± 0,0480
Hibrida Hybrids	ksantofili xanthophylls	0,0001	-4,5000 ± 0,6410	
	beta karoten beta carotene	1,0000	0,0000 ± 0,0784	

* ≤ 0,001 = zelo značilno/ highly significant, ≤ 0,049 = značilno / significant), ≥ 0,05 = neznačilno / not significant

Ksantofili in beta karoten v jajčnem rumenjaku

Vsebnost ksantofilov in beta karotena v jajčnem rumenjaku prikazujemo v paralelkah in ločeno po skupinah (pregl. 4 in 5).

Vsebnost ksantofilov je manjša v preskusnih skupinah kot v kontrolnih. Skupini z večjim deležem silaže v obroku (II. in IV.) sta imeli v rumenjaku več ksantofilov (I. in III.) (pregl. 4).

Količina ksantofilov je največja v rumenjakih kontrolne, šeste skupine, 48,62 mg (pregl. 4). Kokoši v tej skupini so jedle popolno krmno mešanico z dodanim sintetiziranim barvilom za obarvanje rumenjaka. Prva in tretja skupina nesnic sta bili krmljeni z obrokoma z manj (40 %) siliranega koruznega zrnja. Jajca teh dveh skupin so imela v rumenjaku povprečno 22,38 mg oz. 19,51 mg ksantofilov v suhi snovi. Skupini nesnic s 60 odstotki silaže v suhi snovi sta imeli v jajčnem rumenjaku več ksantofilov, in sicer povprečno 34,08 mg oz. 29,72 mg v kg suhe snovi.

V povprečju smo ugotovili veliko ksantofilov, 38,57 mg, v rumenjakih pete kontrolne skupine, ki bi morala dobivati krmno mešanico brez dodanih barvil. Menimo, da je pri pripravi mešanice prišlo do napake, saj se sprememba v obarvanosti rumenjaka sklada z datumom druge priprave mešanice. (graf 2).

Preglednica 4. Vsebnost ksantofilov v jajčnem rumenjaku, mg kg⁻¹ SS

Table 4. Xanthophylls content in egg yolk, mg kg⁻¹

Datum vzorčenja Date of sampling	Skupine / Groups					
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
10. feb. 10 th February	26,3	35,8	22,0	29,2	38,0	43,8
	24,8	35,5	21,6	29,8	37,6	43,6
	-	-	20,9	-	-	-
17. april 17 th April	25,6	38,9	19,4	32,2	41,9	51,8
	25,2	39,8	20,1	30,3	39,4	57,0
20. maj 20 th May	16,9	27,7	16,6	28,0	37,3	48,8
	15,5	26,8	16,0	28,8	37,2	46,7
Povprečje Average	22,38	34,08	19,51	29,72	38,57	48,62

Preglednica 5. Razlike med raziskovanimi parametri v vsebnosti ksantofilov v jajčnem rumenjaku, model [2]

Table 5. Differences among studied parameters in xanthophylls content in egg yolk, model [2]

Vpliv / Effect	p-vrednost * P-value * F-test		Regresijski koeficient (b) ± standardna napaka ocene Coefficient of regression (b) ± standard error of estimate	
	Teden / Week	0,0230		-1,7333 ± 0,7233
Skupina / Group	0,0001 t-test		Razlika med skupinama ± standardna napaka ocene, mg kg ⁻¹ SS Difference among groups ± standard error of estimate, mg kg ⁻¹ DM	
	VI.	V.	VI.	V.
I.	0,0001	0,0001	-29,7000 ± 2,535	-19,6500 ± 2,535
II.	0,0001	0,0038	-18,0000 ± 2,535	-7,9500 ± 2,535
III.	0,0001	0,0001	-32,8266 ± 2,535	-22,7666 ± 2,535
IV	0,0001	0,0001	-22,3766 ± 2,535	-12,3166 ± 2,535
V	0,0001		-13,5166 ± 2,535	
Hibrida / Hybrids	0,8920		0,2750 ± 2,008	
Silaža 40 oz. 60, % Silage 40 and 60, % respect.	0,0001		-14,5416 ± 2,082	

* ≤ 0,001 = zelo značilno / highly significant, ≤ 0,049 = značilno / significant), ≥ 0,05 = neznačilno / not significant

Statistično obdelani podatki (pregl. 5) so pokazali, da je bila vsebnost ksantofilov v jajčnih rumenjakih značilno različna med tedni in tudi med skupinami. V rumenjakih preskusnih skupin je bilo značilno manj ksantofilov kot v kontrolni peti (19,65; 7,95; 22,77 in 12,32 mg) in

kontrolni šesti (29,7; 18,0; 32,83; 22,38 in 13,52 mg) skupini. Med hibridoma je bila razlika neznačilna. Krmna obroka z večjo količino silaže v suhi snovi sta pripomogla k značilno večji količini ksantofilov v jajčnem rumenjaku, razlika je bila 14,54 mg kg⁻¹ suhe snovi.

Po statistični analizi podatkov (pregl. 6) obstaja značilna povezava med količino ksantofilov v krmi in v jajčnem rumenjaku, saj 1,84 mg ksantofilov v kg suhe snovi silaže poveča vsebnost ksantofilov v jajčnem rumenjaku za 1,00 mg na kg suhe snovi. Delež koruzne silaže v obrokih značilno vpliva na količino ksantofilov v rumenjaku.

Preglednica 6. Povezava med ksantofili v siliranem koruznem zrnju in vsebnostjo ksantofilov v rumenjaku, model [4]

Table 6. Connection among xanthophylls in ensiled maize grain and the content of xanthophylls in yolk, model [4]

Vpliv / Effect	p-vrednost * P-value * t-test	Razlika ± standardna napaka ocene, mg kg ⁻¹ SS Difference ± standard error of estimate, mg kg ⁻¹ DM	Regresijski koeficient (b) ± standardna napaka ocene Coefficient of regression (b) ± standard error of estimation
Ksantofili v silaži Xanthophylls in silage	0,0001		1,8444 ± 0,3017
Silaža 40 oz. 60, % Silage 40 and 60 % respect.	0,0001	-11,1693 ± 0,9378	

* ≤ 0,001 = zelo značilno/ highly significant, ≤ 0,049 = značilno / significant), ≥ 0,05 = neznačilno / not significant

Tudi beta karotena je največ v jajcih, ki so jih znesle kokoši v kontrolnih skupinah (pregl. 7).

Preglednica 7. Vsebnost beta karotena v jajčnem rumenjaku, mg kg⁻¹ SS

Table 7. Beta carotene contents in egg yolk, mg kg⁻¹SS

Datum vzorčenja Date of sampling	Skupine / Groups					
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
10. feb. 10 th February	0,4	0,33	0,31	0,34	0,94	0,8
	0,41	0,37	0,46	0,33	0,85	1,07
	-	-	0,26	-	-	-
17. april 17 th April	0,19	0,54	0,2	0,35	0,77	1,1
	0,18	0,52	0,23	0,24	0,8	1,13
20. maj 20 th May	0,35	0,53	0,13	0,4	0,54	0,7
	0,3	0,5	0,1	0,4	0,51	0,71
Povprečje Average	0,305	0,465	0,241	0,343	0,735	0,918

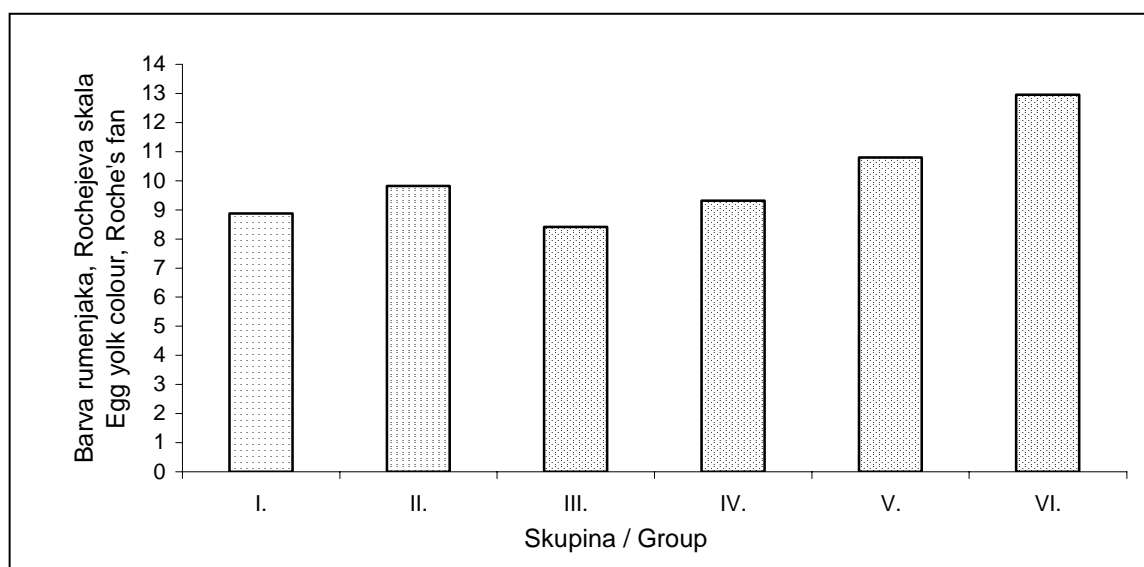
Povprečne vrednosti beta karotena v jajčnem rumenjaku so med skupinami različne, najmanjše v rumenjakih prve in tretje skupine 0,305 mg oz. 0,241 mg s 40 % siliranega zrnja. V rumenjakih druge in četrte skupine s 60 % silaže so vrednosti večje, 0,465 mg oz. 0,343 mg. V peti in šesti skupini je bilo občutno več beta karotena, 0,735 mg in 0,918 mg. Sklepamo, da so k večji vsebnosti beta karotena v kontrolnih skupinah doprinesla še druga močna krmila.

Preglednica 8. Razlike med raziskovanimi parametri v vsebnosti beta karotena v jajčnem rumenjaku, model [2]

Table 8. Differences among studied parameters in the content of beta carotene in egg yolk, model [2]

Vpliv / Effect	p-vrednost* P-value*		Regresijski koeficient (b) ± standardna napaka ocene Coefficient of regression (b) ± standard error of estimate	
	F-test			
Teden / Week	0,0251		-0,0591 ± 0,0251	
Skupina / Group	0,0001 t-test		Razlika med skupinama ± standardna napaka ocene, mg kg ⁻¹ SS Difference between groups ± standard error of estimate, mg kg ⁻¹ DM	
	VI.	V.	VI.	V.
I.	0,0001	0,0001	-0,7332 ± 0,0878	-0,5482 ± 0,0878
II.	0,0001	0,0001	-0,5732 ± 0,0878	-0,3882 ± 0,0878
III.	0,0001	0,0001	-0,8052 ± 0,0878	-0,6202 ± 0,0878
IV.	0,0001	0,0001	-0,6948 ± 0,0878	-0,5098 ± 0,0878
V.	0,0017		-0,3032 ± 0,0878	
Hibrida / Hybrids	0,7615		0,0213 ± 0,0696	
Silaža 40 oz. 60, % Silage 40 and 60 % respect.	0,0014		-0,2533 ± 0,0721	

* ≤ 0,001 = zelo značilno / highly significant, ≤ 0,049 = značilno / significant), ≥ 0,05 = neznačilno / not significant



Grafikon 1. Povprečna barva jajčnega rumenjaka po skupinah, n = 380.

Graph 1. Average egg yolk colour in groups, n = 380.

Količina beta karotena v jajčnih rumenjakih se razlikuje med tedni, še bolj značilno se razlikuje med skupinami (pregl. 8). Jajca kokoši v kontrolni skupini, krmljenih po volji, vsebujejo značilno več beta karotena (0,73; 0,57; 0,80; 0,69 in 0,30 mg v kg suhe snovi) kot tista, ki so jih znesle nesnice v preskusnih skupinah; prav tako jajca, znesena v kontrolni skupini,

krmljeni odmerjeno (0,55; 0,39; 0,62 in 0,51 mg v kg suhe snovi). Med hibridoma, ki sta bila vključena v obrok, ni bilo značilnih razlik, je pa obrok s 60 odstotki silaže v suhi snovi značilno doprinesel k večji vsebnosti beta karotena v jajčnem rumenjaku.

Barva jajčnega rumenjaka

V preskusu se je v posameznih analiziranih vzorcih barva jajčnega rumenjaka gibala med 5 (tretja skupina) in 15 enot (šesta skupina) po Rochejevi skali. Najbolj bleda barva rumenjaka v tedenskem povprečnem vzorcu je bila v 56. tednu v prvi skupini (8,00), v 58. tednu v drugi oz. četrti skupini (9,05 oz. 8,50), v 44. tednu v tretji (7,50), v 61. tednu v peti skupini (9,20) ter v šesti skupini (12,60) v 52. in 55. tednu starosti nesnic (graf. 1 in 2).

Preglednica 9. Razlike med raziskovanimi parametri v barvi jajčnega rumenjaka, model [2]
Table 9. Differences among studied parameters in egg yolk colour, model [2]

Vpliv / Effect	p-vrednost* P-value*		Regresijski koeficient (b) ± standardna napaka ocene Coefficient of regression (b) ± standard error of estimate	
	F-test			
Teden / Week	0,0001		-0,0158 ± 0,0041	
Skupina / Group	0,0001 t-test		Razlika med skupinama ± standardna napaka ocene, Rochejeva skala Difference between groups ± standard error of estimate, Roche's fan	
	VI.	V.	VI.	V.
I.	0,0001	0,0001	-4,3250 ± 0,065	-1,1516 ± 0,073
II.	0,0001	0,1504	-3,2781 ± 0,065	-0,1047 ± 0,073
III.	0,0001	0,0001	-4,8156 ± 0,065	-1,6422 ± 0,073
IV	0,0001	0,0001	-3,8500 ± 0,065	-0,6766 ± 0,073
V	0,0001		-3,1734 ± 0,073	
Hibrida / Hybrids	0,0001		0,5313 ± 0,046	
Silaža 40 oz. 60, % Silage 40 and 60 % respect.	0,0001		-1,0063 ± 0,046	

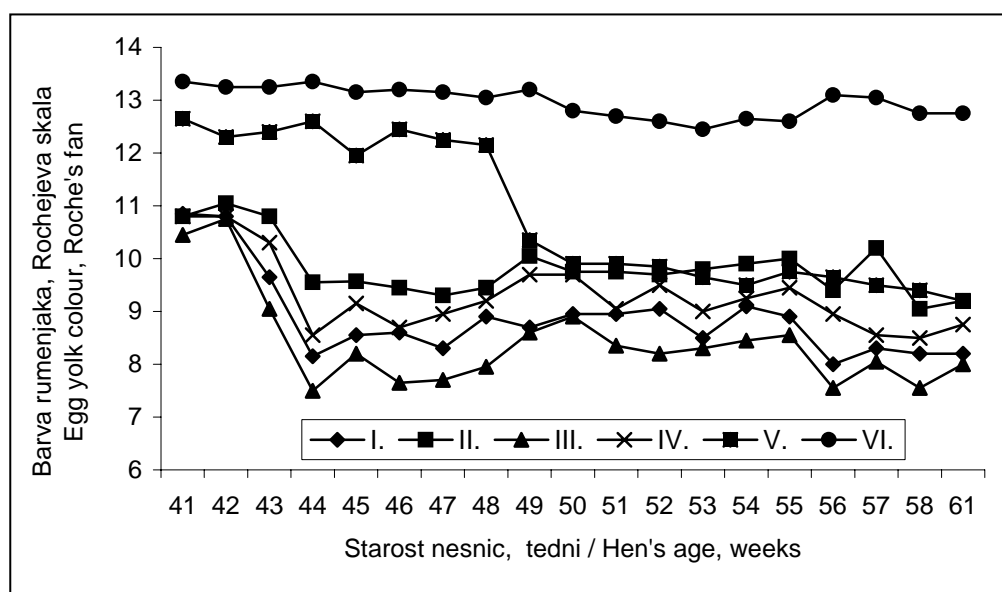
* ≤ 0,001 = zelo značilno/ highly significant, ≤ 0,049 = značilno / significant), ≥ 0,05 = neznačilno / not significant

Najtemnejšo barvo, povprečno 13,0 enot po Rochejevi pahljači, je imel jajčni rumenjaki v kontrolni skupini (šesta skupina), kjer smo nesnice krmili s komercialno krmno mešanico. Jajca prve in tretje skupine nesnic (40 % silaže) so dosegla 8,9 oz. 8,4 enot po Rochejevi skali, rumenjaki v drugi in v četrti skupini nesnic (60 % silaže) pa 9,8 oz. 9,3 po Rochejevi pahljači. Temnejši je bil tudi rumenjaki v peti skupini, povprečno 10,8; to je lahko posledica nepravilno pripravljene oz. neočiščene mešalne enote, saj naj bi bile kokoši krmiljene s krmno mešanico brez dodanega barvila za obarvanje rumenjaka (graf. 1).

V prehranskem preskusu, kjer je bilo šest različno krmljenih skupin nesnic, smo ugotovili, da je bila barva rumenjaka pri vseh skupinah na koncu preskusa svetlejša. (graf. 2). Intenzivna barva rumenjaka je značilno upadala, med tedni so razlike značilne, kar je lahko posledica oksidacije ksantofilov v času skladiščenja siliranega koruznega zrnja, statistično značilne pa so bile tudi razlike med skupinami živali (pregl. 9).

V primerjavi s kontrolno skupino kokoši (VI), ki smo jo krmili s komercialno krmno mešanico po volji, so vse druge skupine nesle jajca z značilno svetlejšim rumenjaki. Jajca

kokoši prve in tretje skupine so imela svetlejši jajčni rumenjaka za 4,3 oz. 4,8 enot po Rochejevi skali, druge in četrte skupine pa za 3,3 oz. 3,9 enot. Statistično značilno svetlejša barva jajčnega rumenjaka je bila pri treh preskusnih skupinah, primerjanih s kontrolno (V.) skupino, ki bi bila morala dobivati odmerjeno krmno mešanico brez barvila za obarvanje jajčnega rumenjaka. V prvi skupini je bil rumenjaka svetlejši za 1,2 enoti po Rochejevi pahljači, v drugi neznačilno za 0,1, v tretji za 1,6 in četrta za 0,7. Rumenjaka pete skupine pa je bil kljub temu statistično značilno svetlejši od šeste. Značilno temnejšo barvo jajčnega rumenjaka, in to za polovico Rochejeve enote, so imela jajca nesnic, ki so jedle hibrid raisso.



Grafikon 2. Barva jajčnega rumenjaka med preskusom.

Graph 2. Colour of egg yolk during the experiment.

Krmni obrok z več siliranega koruznega zrnja (60 %) je v prehrani nesnic značilno vplival na močnejše obarvan jajčni rumenjaka, in sicer za 1,0 enoto po Rochejevi barvni pahljači.

Preglednica 10. Vpliv ksantofilov in beta karotena v siliranem koruznem zrnju na barvo jajčnega rumenjaka, model [3]

Table 10. Influence of xanthophylls and beta carotene in ensiled maize grain on egg yolk colour, model [3]

Vpliv / Effect	p-vrednost* P-value* t-test	Razlika ± standardna napaka ocene, Rochejeva skala Difference ± standard error of estimate, Roche's fan	Regresijski koeficient (b_I, b_{II}) ± standardna napaka ocene Coefficient of regression (b_I, b_{II}) ± standard error of estimate
Ksantofili Xanthophylls	0,0001		0,1489 ± 0,0241
Beta karoten Beta carotene	0,0004		-1,5087 ± 0,4232
Silaža 40 oz. 60, % Silage 40 and 60 % respect.	0,0001	-1,0250 ± 0,1120	

* ≤ 0,001 = zelo značilno/ highly significant, ≤ 0,049 = značilno / significant), ≥ 0,05 = neznačilno / not significant

Barva jajčnega rumenjaka, ki je odvisna od ksantofilov v krmi, se je v času preskusa spreminjala pri vseh skupinah nesnic. Najmanjše nihanje je bilo v kontrolni skupini krmiljeni z mešanico, ki ji je bilo primešano tudi barvilo za rumenjaka. Vse preskusne skupine kokoši so nesle jajca s svetlejším rumenjacom (graf. 2). V 49. tednu starosti je v peti skupini rumenjaka postal svetlejši za dve enoti po Rochejevi barvni pahljači. Nesnice smo namreč začeli krmiti z drugič pripravljeno mešanico brez barvil.

V raziskavi smo preverjali povezavo med ksantofili in beta karotenom v siliranem koruznem zrnju z barvo rumenjaka (pregl. 10). Izračun je pokazal, da količina ksantofilov v suhi snovi silaže značilno vpliva na barvo jajčnega rumenjaka. Tudi beta karoten je značilno povezan z obarvanostjo rumenjaka. Statistično obdelani podatki so tudi pokazali značilno povezavo med deležem silaže v suhi snovi obroka in barvo rumenjaka. Obledelost jajčnega rumenjaka se povečuje z manjšo količino ksantofilov oz. koruzne silaže v obroku.

SKLEPI

- Obrok s 60 odstotki silaže je značilno temneje obarval rumenjaka.
- Količina ksantofilov v silaži je bila značilno povezana z vsebnostjo barvil v rumenjaku.
- Koruzni hibrid raissa je rumenjaka obarval temneje.
- Lotus je povečal vsebnost beta karotena v rumenjaku.
- Med hibridoma ni bilo razlik v vsebnosti beta karotena.
- Lotus je vseboval značilno manj ksantofilov.

SUMMARY

Brown light type hens were chosen to study the influence of pigments in silage on the colour of yolk and on the content of beta carotene and xanthophylls. Rations were composed so that the first and the third group of laying hens were fed on 40 % of ensiled maize grain in dry matter of ration and 60 % of supplemental feeding mixture, while the second and fourth group were fed on 60 % of silage and 40 % of supplemental feeding mixture. The first two groups received the hybrid Raissa and the next two Lotus. All trial groups were fed on restrictively. Two control groups were fed on complete feeding mixture, and according to the plan the fifth group should receive Premix with no pigment for colouring the yolk. The amount of feeding mixture in the fifth control group was restricted. Laying hens in the sixth control group were fed *ad libitum*. The trial lasted 154 days, and the hens were 40 to 61 weeks old. Laying hens were arranged into six groups at 100 animals, reared in cages with a permanent access to water provided by water nipples and fed by hand. All animals were fed on complete feeding mixture *ad libitum* till age 40 weeks. The colour of yolk was determined with electronic colorimeter. The ensiled maize grain in a ration for laying hens significantly affected the yolk colour. Hens that were fed on a ration with 60 % of silage laid eggs with significantly darker yolk, i.e. 1.01 units at Roche's fan. Laying hens in the control group that were fed on commercial feeding mixture with added pigments laid eggs with 13 units at Roche's fan on average. The amount of xanthophylls and the content of beta carotene in dry matter of ensiled maize grain were significantly connected to the colour of egg yolk as well as the percentage of silage in a ration. Yolks in groups that were fed also on Raissa were darker for a half of unit at Roche's fan. The comparison among hybrids showed that Raissa contained more xanthophylls and that hybrids did not differ in the content of beta carotene. The amount of xanthophylls in silage was significantly connected to the content of xanthophylls in the egg yolk. The ration for the second and fourth group of hens with 60 % of silage affected the significantly higher amount of xanthophylls in yolk for 14.54 mg kg⁻¹ of dry matter.

ZAHVALA

Prisrčno se zahvaljujemo as. mag. Dušanu Terčiču za pomoč pri merjenju barve jajčnega rumenjaka, izr. prof. dr. Mileni Kovač in asist. Špeli Malovrh pa za nasvete in pomoč pri statistični obdelavi podatkov.

VIRI

- Bassler, R./ Buchholz, H. Caroten und Xsanthophyll 12.1.1. V: Methodenbuch Band III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. 3. Ergänzungslieferung. Darmstadt, VDLUFA-Verlag, 1993.
- Egg yolk pigmentation with Carophyll. Basel, Roche, 1998, 23 str.
- Fletcher, D.L. Methodology for Achieving Pigment Specifications. Poultry Science, 71(1992), 733–743.
- Hernandez, J.M. Egg quality as perceived by consumers in Spain. V: Proceedings 10th European Poultry Conference, Jerusalem, 1998-06-21/26. Jerusalem, WPSA – Israel Branch, 1998, 739–743.
- Holcman, A. Genetski parametri za nekatere lastnosti jajc. Doktorska disertacija. Domžale, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fak., Odd. za živilorejo, 1990, 96 str.
- Holcman, A./ Terčič, D./ Zajec, M. Rezultati anketiranja potrošnikov o njihovih merilih ob nakupu jajc. V: Tehnologija, hrana, zdravje. Knjiga del. 1. slovenski kongres o hrani in prehrani, Bled, 1996-04-21/25. Ljubljana, Društvo živilskih in prehranskih strokovnih delavcev Slovenije, 1997, 717–720.
- Huyghebeart, G. The biological effectiveness of canthaxanthin and citranaxanthin in yellow corn-alfalfa based diets for egg yolk pigmentation. V: Proceedings of the 5th European symposium on the Quality of Eggs and Egg products, Tours, 1993-10-04/08. Paris, INRA, Brance Francaise de la WPSA, 1993, 348–356.
- Kavc, A. Kakovost jajc na ljubljanskem trgu. Diplomski naloga. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fak., Odd. za živilorejo, 1990, 48 str.
- North, M.O./ Bell, D.D. Commercial Chicken Production Manual. 4th ed. New York, An avi Book, 1990, 913 str.
- Pravilnik o kakovosti krme. 1989. Uradni list SFRJ, 15, 381–403.
- Stekar, J.M.A./ Tkalčič, E./ Holcman, A. Učinek siliranega koruznega zrnja na nesnost kokoši. V: Zbornik predavanj 7. posvetovanja o prehrani domačih živali »Zadravčevi-Erjavčevi dnevi«, Radenci, 1998-10-26/28. Murska Sobota, Živilorejsko-Veterinarski zavod za Pomurje, 1998, 161–170.
- SAS Institute Inc. SAS/STAT. User's Guide, Version 6, 4th Edition, Vol. 2. Cary, NC, SAS Institute Inc., 1989, 846 p.
- Tkalčič, E. Učinek siliranega koruznega zrnja v obroku nesnic na nesnost, kakovost in hranilno vrednost jajc. Magistrska naloga. Domžale, Biotehniška fak., Odd. za zootehniko, 2001, 116 str.
- Tkalčič, E./ Stekar, J.M.A./ Kovač, M./ Holcman, A. The effect of ensiled maize grains on laying of hens. Zb. Bioteh. Fak. Univ. Ljubl., Kmet., Supl., 76(2000)1, 67–81.