



57. SREČANJE MLADIH RAZISKOVALCEV SLOVENIJE 2023

# PRIDNA KURA POBERE VSAKO ZRNO

Raziskovalna naloga

Področje: **INTERDISCPLINARNO PODROČJE**

(EKOLOGIJA Z VARSTVOM OKOLJA; KEMIJA IN KEMIJSKA  
TEHNOLOGIJA)



Avtor: **Žan Remšak**, 7. razred, OŠ Kungota

Mentorica: **Zdenka Keuc**, OŠ Kungota

Zg. Kungota, marec 2023

## KAZALO

1 UVOD .....	5
1.1 Namen raziskovalne naloge.....	6
1.2 Hipoteze.....	7
1.3 Metode dela .....	7
2 PREGLED OBJAV .....	8
2.1 Kakovost kokoših jajc .....	8
2.2 Način reje kokoši.....	9
2.2.1 Baterijska reja.....	9
2.2.2 Talna (hlevska) reja.....	9
2.2.3 Pašna (prosta) reja .....	9
2.2.4 Ekološka reja .....	10
2.3 Sestava jajca .....	10
2.3.1 Barva rumenjaka.....	11
2.3.2 Pomen karotenoidov v prehrani človeka .....	14
2.4 Sintetična živilska barvila.....	15
2.5 Vrednotenje barve rumenjaka.....	17
2.5.1 Vizualna ocena .....	17
2.5.2 Metode za ločevanje naravnih in umetnih barvil.....	18
3 PRAKTIČNI DEL .....	19
3.1 Vzorci jajc .....	19
3.2 Vrednotenje barve rumenjakov z DSM barvno pahljačo (senzorična analiza) .....	20
3.3 Določanje umetnih barvil v rumenjaku .....	20
4 REZULTATI IN RAZPRAVA .....	24
4.1 Senzorična analiza .....	24
4.2 Določanje umetnih barvil v rumenjaku .....	25
4 ZAKLJUČEK .....	28
5 DRUŽBENA ODGOVORNOST .....	31
6 VIRI.....	32

## **Kazalo preglednic**

Preglednica 1. Sintetična živilska barvila, ki so dovoljena (Lok in Wo, 2010, str.2) .....	16
Preglednica 2. Količina karotenoidov v jajčnem rumenjaku, ki ustreza DSM skali na barvni pahljači izražena v delcih na milijon (ppm) (Leiterman, 2023).....	18
Preglednica 3. Predstavitev vzorcev.....	19
Preglednica 4. Senzorična analiza s pomočjo DSM pahljače.....	24
Preglednica 5. Vsebnost umetnih barvil v rumenjakih jajc iz PROSTE REJE .....	27
Preglednica 6. Vsebnost umetnih barvil v rumenjakih jajc iz EKOLOŠKE REJE in primerjava s pozitivno kontrolo (druga epruvete z leve strani).....	27
Preglednica 7. Vsebnost umetnih barvil v rumenjakih jajc iz HLEVSKE REJE.....	27
Preglednica 8. Vsebnost umetnih barvil v rumenjakih jajc iz BATERIJSKE REJE.....	28

## **Kazalo slik**

Slika 1. Oznake na jajcih in njihov pomen (Remašk, 2023) .....	9
Slika 2. Sestava jajca (Slatnar, 2023, str. 1).....	10
Slika 3. Strukturne formule ksantofilov zeaksantina in luteina ter beta-karotena .....	11
Slika 4. Valovne dolžine in barva karotenoidov, ki se dodaja krmi kokoši nesnic z namenom obarvanja jajčnega rumenjaka.....	12
Slika 5. Rumenjaki različnih barv (Remšak, 2023).....	12
Slika 6. Delitev karotenoidov na karotene in ksantofile (strukturne razlike) (Maoka, 2022, str. 2).....	13
Slika 7. Klasifikacija karotenoidov. Oba, ki sta obarvana z rumeno, sta pomembna pri sintezi vitamina A (Leacy, 2014, str. 12) .....	13
Slika 8. Razlike v strukturi luteina in zeaksantina (povzeto po Abdel-Aal s sod., 2013, str. 1171).....	15
Slika 9. Strukturni formuli Tartrazina (E102) in Sunset yellow (E110) umetnih rumenih barvil (Mashal, 2014, str. 2 ) .....	16
Slika 10. Etikete za pripravke, ki so v uporabi za intenzivnost obarvanja jajčnih rumenjakov. ....	17
Slika 11. DSM ® barvna pahljača (Leiterman, 2023).....	18
Slika 12. Pozitivna kontrola (prisotnost umetnih barvil).....	23
Slika 13. Negativna kontrola 2 (reakcija na ekstrahiran karoten iz korenčka). ....	23
Slika 14. Slepa proba z destilirano vodo .....	23

Slika 15. Primeri jajčnih rumenjakov iz različnih vzorcev glede na vzrejo kokoši (Remšak, 2023) .....	24
Slika 16. Postopek dela (slikovni prikaz; Ramšak, 2023) .....	26

## **Kazalo grafov**

Graf 1. Poprečje DSM in vsebnost skupnih ksantofilov ter karotenov glede na način vzreje kokoši nesnic.....	25
Graf 2. Prisotnost umetnih barvil glede na način vzreje kokoši nesnic.....	28

## **Kazalo organigramov**

Organigram 1. Predstavitev praktičnega dela določanja prisotnosti sintetičnih živilskih barvil .....	26
--	----

## **Okrajšave, ki so uporabljene v nalogi**

<b>Okrajšava</b>	<b>Pomen</b>
H	Hlevska reja
P	Prosta reja
B	Baterijska reja
E	Ekološka reja
AE	Raztopina alkohola in etra
E102	tartrazin
ADHD	Attention Deficit Hyperactivity Disorder

## **POVZETEK**

V raziskavi smo želeli ugotoviti, ali je barva jajčnih rumenjakov odvisna od načina reje kokoši nesnic in zaključili, da so. Ugotovili smo, da so največje razlike v barvi rumenjaka med jajci kokoši nesnic iz baterijske reje in ekološke reje. V raziskavi smo analizirali jajca iz vseh štirih načinov reje, to so baterijska oz. reja v kletkah, talna oz. hlevska, pašna in ekološka reja, s pomočjo dveh kvalitativnih metod, in sicer uporaba DSM pahljače in kemijskim testom določanja prisotnosti umetnih barvil, prišli do zaključka, da intenzivnost barve rumenjaka pada v naslednjem vrstnem redu: baterijska reja > hlevska reja > prosta reja > ekološka reja. Umetna barvila smo dokazali v vzorcih jajc kokoši iz proste, hlevske in baterijske reje. Njihova prisotnost je naraščala v naslednjem vrstnem redu: prosta reja < hlevska reja < baterijska reja. V ekološki reji prisotnost umetnih živilskih barvil nismo dokazali.

***Ključne besede:*** *način vzreje kokoši nesnic, barva rumenjaka, DSM pahljača, umetna barvila*

## **ABSTRACT**

In this research, we wanted to find out whether the colour of egg yolks depends on the way laying hens are reared. It was found that there is a connection. The biggest differences are between the egg yolks of laying hens from battery farming and organic farming. In the research, we considered eggs from all four methods of rearing (battery or cage rearing, floor (stable), pasture, organic rearing) and with the help of two qualitative methods (using a DSM fan) and a chemical test to determine the presence of artificial dyes, we came to the conclusion, that the intensity of the yolk colour decreases in the following order: battery farming > stable farming > free range farming > organic farming. Artificial dyes were proven in egg samples from free-range, free-range and battery-reared hens. Their presence increased in the following order: free range farming < stable farming < battery farming. In eggs from organic farm artificial colourant were not determined.

***Key words:*** *breeding method of laying hens, yolk colour, DSM fan, artificial dyes*

## 1 UVOD

Ker so kokošja jajca bogat vir esencialnih hranil, vsebujejo aminokisline, mašcobe, vitamine in minerale ter jih odlikuje dobra prebavljivost in nizka kalorična vrednost, imajo v prehrani mladostnikov pomembno mesto (Tisaj, 2011, str. 1).

Tolimir je s sod. (2017, str. 425) izvedel študijo o kriterijih potrošnikov za nakup in kakovost jajc. V študiji je sodelovalo 239 potrošnikov, rezultati ankete o barvi rumenjaka pa so pokazali, da 63 % potrošnikov daje prednost temno rumeni in rumeno-oranžni barvi rumenjaka. Barva rumenjaka je torej eden glavnih vizualnih parametrov, povezanih z zahtevami potrošnikov glede kakovosti kokošjih jajc. Zato ni presenečenje, da se veliko ponudnikov kokošjih jajc osredotoča na uporabo primerne krme za pridobitev izrazitega rumeno-oranžnega tona jajčnega rumenjaka. Slednje je povezano tudi z zahtevami predelovalcev jajc, npr. pri proizvodnji majonez, slaščičarskih izdelkov ali jajčnih testenin, tradicionalnih krofov, kjer je zahtevana/pričakovana barva končnega produkta.

Na barvo rumenjaka še posebej vpliva prisotnost pigmentov v krmilih. Ti pigmenti so lahko naravne oz. rastlinske spojine, npr. karoteni ali ksantofili, ki pa se zaradi njihove nizke stabilnosti zamenjujejo s sintetičnimi, ki so bili odobreni kot dodatki krmnim mešanicam za kokoši (Leeson in Summers, 1997, str. 350). Sintetične pigmente pridobivamo iz petrokemičnih proizvodov. Številne študije govorijo o tem, da so ti škodljivi za zdravje ljudi, zato je razvoj ustreznih procesnih postopkov, preko katerih bi lahko prišli do pigmentov iz izključno obnovljivih virov, še vedno nesorazmeren s potrebami industrije.

V tej raziskavi smo želeli preučiti, v kolikšni meri je barva jajčnih rumenjakov odvisna od reje kokoši nesnic. Avtor naloge živi na podeželju, kjer ima doma tudi svoje kokoši, kjer prevladuje pašna reja. Motivacija, da bi jajce teh kokoši bila večkrat vključena tudi v šolski jedilnik in v kratke (lokalne) prehranske verige, je še dodatno prispevala k radosti raziskovanja.

### 1.1 NAMEN RAZISKOVALNE NALOGE

Namen naloge je preučiti, v kolikšni meri je način reje kokoši nesnic povezan z barvo rumenjaka. V nalogi bomo preučili jajčne rumenjake iz štirih virov:

- ✓ baterijska reja (reja v kletkah),
- ✓ talna reja,

- ✓ pašna reja,
- ✓ ekološka reja.

Za vsak način reje kokoši nesnic bomo pridobili vsaj 4 vzorce jajc in iz vsakega vzorca vzeli 2–3 jajca. Pri izbiri vzorcev jajc bomo pazili, da so jajca pridobljena v podobnih časovnih enotah ( $\pm 3$  dni).

Da bi celotna raziskava bila izvedena kot kontroliran eksperiment, je bila vključena tudi:

- pozitivna kontrola (sintetično barvilo E102)
- negativna kontrola (karoten, ekstrahiran iz korenčka)
- Slepa proba (z destilirano vodo)

## 1.2 HIPOTEZE

**Hipoteza 1.** Rumenjaki iz jajc ekološke reje so najmanj intenzivno oranžno obarvani, saj se kokoši prosto pasejo in je njihova hrana strogo kontrolirana, barva rumenjak pa odvisna le od prisotnosti naravnih barvil.

**Hipoteza 2.** Rumenjaki iz baterijske reje so obarvani najbolj oranžno, saj kokošim dodajajo pripravljeno hrano, ki ni nujno samo rastlinskega izvora, lahko pa tudi več maščob.

**Hipoteza 3.** V rumenjakih iz baterijske reje bomo dokazali prisotnost umetnih barvil, saj je njihova prehrana v naprej pripravljena in je možnost dodatkov sintetičnih barvil lažja.

**Hipoteza 4.** V rumenjakih iz pašne, hlevske in ekološke reje ne bomo dokazali prisotnosti umetnih barvil.

**Hipoteza 5.** Rumenjaki iz talne in pašne reje so primerljive barve in na osnovi barve rumenjaka ne moremo ločiti med njimi.

## 1.3 METODE DELA

V nalogi smo najprej s pomočjo virov preučili kriterije za kakovost kokošjih jajc ter sestavo kokošjega jajca. Poglobili smo se v barvo rumenjaka in preučili barvila, ki ga obarvajo. V eksperimentalnem delu smo pridobili različne vzorce jajc, glede na način vzreje kokoši, in s pomočjo metode z barvno pahljačo, ki je delno tudi kvantitativna, določili barvo rumenjaka ter

vsebnost karotenoidov. S kemijskim testom smo določili morebitno prisotnost umetnih živilskih barvil v rumenjaku.

Interdisciplinarnost naloge vidim v naslednjem; kemija proučuje sestavo, lastnosti in interakcije snovi (prisotnost umetnih barvil v rumenjaku preiskovanih jajc), medtem ko varstvo okolja zajema ohranjanje naravnega okolja in preprečevanje škodljivih vplivov človeške dejavnosti na okolje (jajca kot univerzalno, polnovredno živilo, za katerega ima uporabnik pravico, da ve njegov izvor in zmore oceniti kakovost). Kemija mi je pomagala oceniti kakovosti jajc, pregled različnih vzorcev pa stanje v okolju v katerem živim.

## 2 PREGLED OBJAV

### 2.1 KAKOVOST KOKOŠJIH JAJC

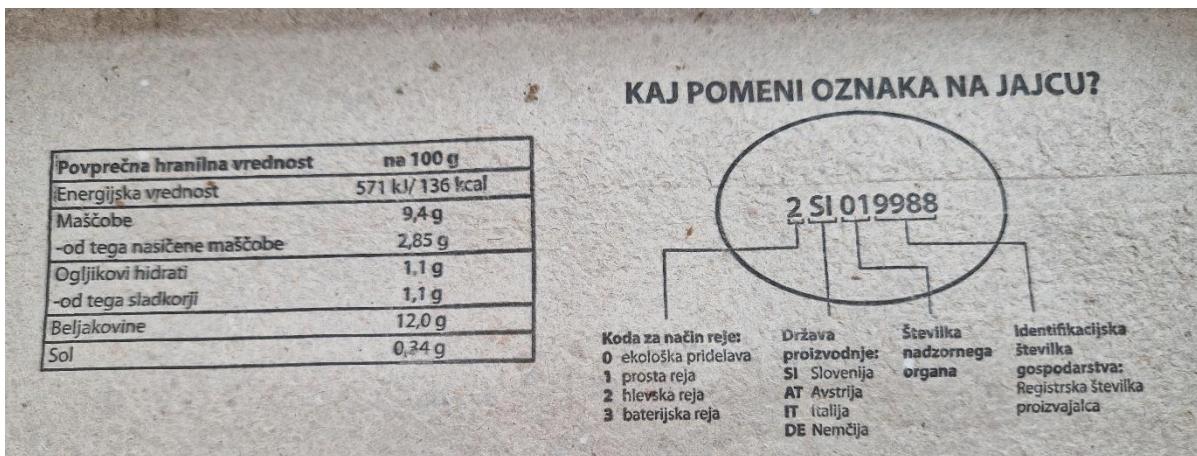
Kakovost jajc bi lahko opredelili skozi več kriterijev. Ti so:

- vonj jajca,
- velikost in masa jajca,
- kakovost in barva lupine,
- gostota beljaka,
- intenzivnost barve rumenjaka,
- prisotnost krvnih peg v rumenjaku,
- drugo.

Potrošnik lahko kakovost jajc oceni tudi z izgledom embalaže (poškodovanost, funkcionalnost, vidnost deklaracije), kako so jajca zložena v embalaži<sup>1</sup>, ožigosana in kako velika so (Pajk Žontar in sod., 2010, str. 202).

---

<sup>1</sup> Jajca morajo biti obrnjenega z ožjim delom navzdol.



Slika 1. Oznake na jajcih in njihov pomen (Remašk, 2023)

Z nalogo želimo preučiti, ali obstaja korelacija med obarvanostjo jajčnega rumenjaka in načinom reje kokoši nesnic.

## 2.2 NAČIN REJE KOKOŠI

### 2.2.1 BATERIJSKA REJA

Baterijska reja sodi med t. i. intenzivne oblike reje, pri kateri so kokoši v kletkah, posamezno ali več skupaj. Različno število kletk je povezanih v »baterijo«, zato izraz baterijska reja. Gibanje kokoši je onemogočeno. Kletke imajo nastil, ki mora biti čist, suh in iz krhkega materiala (Holcman in sod., 2014, str. 226).

### 2.2.2 TALNA (HLEVSKA) REJA

Pri talni reji se kokoši prosto gibljejo v hlevu. To je mogoče po talni površini in gredeh ali pa kokošim omogočimo brskanje po nastilu, ki mora biti čist, suh ter iz krhkega materiala. Kokoši jajca nesejo v posebej urejenih gnezdih (Holcman in sod., 2014, str. 226).

### 2.2.3 PAŠNA (PROSTA) REJA

Pašna reja pomeni, da se kokoši čez dan lahko prosto gibljejo zunaj, ponoči pa so zaprte v kokošnjaku. Pajk Žontar s sod. (2010, str. 203) poroča, da naj bi jajca kokoši, ki se prosto pasejo, vsebovala manj skupnih maščob, nasičenih maščobnih kislin in holesterola ter več

vitaminov in drugih zaščitnih snovi. Posledično bi lahko bili tudi rumenjaki manj intenzivno obarvani, saj so karotenoidi zaradi svoje kemijske sestave bolj topni v maščobah.

#### 2.2.4 EKOLOŠKA REJA

Pri tem načinu reje morajo biti kokoši v prosti rej, dodaten kriterij pa je, da se lahko hranojo samo s krmo, ki je pridelana brez uporabe zaščitnih sredstev in mineralnih gnojil. Osnova je torej prosta pašna reja, ki ima dodatne ostrejše zahteve (Holcman in sod., 2014, str. 220).

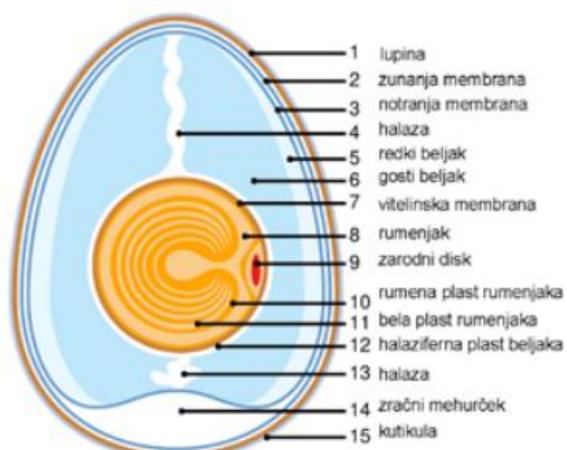
### 2.3 SESTAVA JAJCA

Jajce je sestavljeno iz treh glavnih delov: lupine, jajčnega beljaka in rumenjaka. Lupina, pod katero sta mamilarni in spongiozni sloj, služi kot fizična ovira pred okužbami z mikroorganizm, je sestavljena iz kalcijevega karbonata ( $\text{CaCO}_3$ ).

Celotno jajce sestavlja okoli 76 % vode. Jajčni beljak je vodna raztopina beljakovin, ogljikovih hidratov in mineralov. Jajčni rumenjak sestavlajo pretežno maščobe. Jajce vsebuje vse esencialne aminokisline in minerale, med katerimi prevladujejo fosfor, cink, kalcij in železo ter številni vitamini, predvsem vitamina D in A, ter različni vitamini B kompleksa (Slatnar, 2023).

Masa jajca in delež posameznih hranil se razlikujejo glede na pasmo kokoši (Tisaj, 2011, str. 2), njihovo starost in način vzreje ter hranjenja.

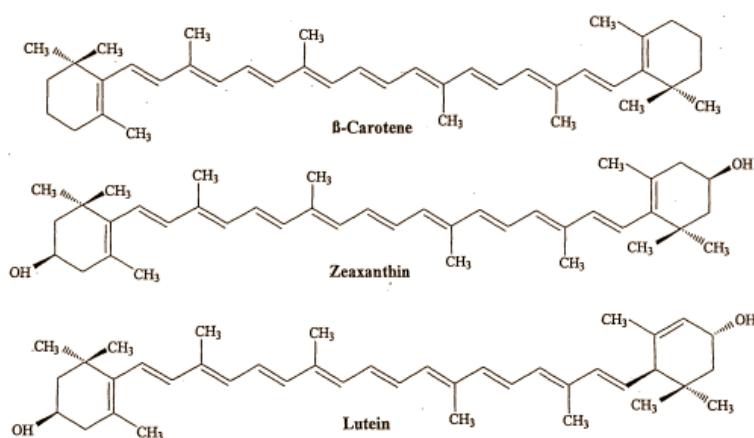
PRESEK SKOZI JAJCE



Slika 2. Sestava jajca (Slatnar, 2023, str. 1)

### 2.3.1 BARVA RUMENJAKA

Barva rumenjaka je odvisna predvsem od barvil v krmi in s tem tudi načina reje kokoši nesnic. Najpomembnejša barvila v krmilih sta ksantofila lutein in zeaksantin ter beta-karoten. Krmila, ki vsebujejo največ teh barvil so koruza, lucerna in korenje (Kolar, 2007, str. 45). Veliko karotenoidov vsebujejo tudi zelene rastline in vodna kreša. V Evropski uniji je dovoljena uporaba osmih ksantofilov kot krmnih dodatkov v priteki jajc (Gašperlin s sod., 2018, str. 5).

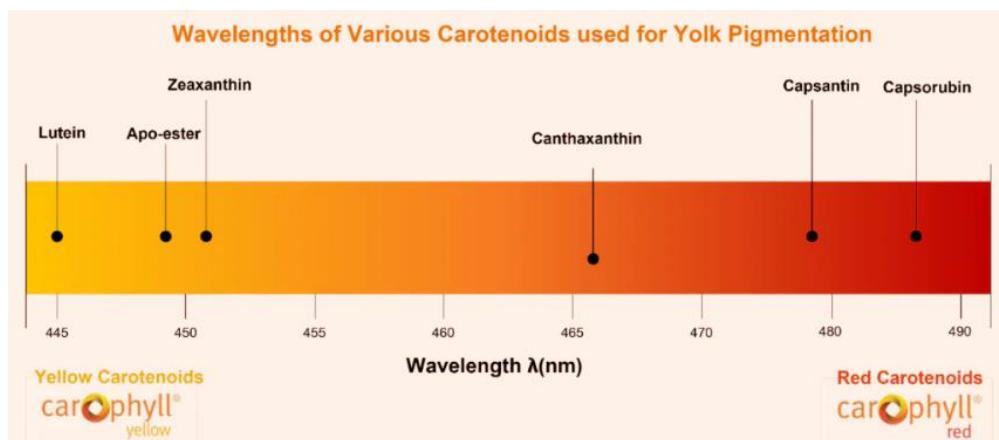


Slika 3. Strukturne formule ksantofilov zeaksantina in luteina ter beta-karotena<sup>2</sup>

Rumenjak je najintenzivnejše rumeno-oranžno obarvan, ko so v krmi prisotna tako rdeča kot rumena barvila. Na barvo rumenjaka v manjši meri vplivajo tudi drugi dejavniki (genetski dejavniki, vsebnost maščob, antioksidantov, kalcija in vitamina A) v krmi (Kolar, 2007, str. 45).

Kašne barve bo rumenjak, je odvisno od količine in razmerja karotenoidov v krmi (Hernandez in sod., 2005, str. 20). Na barvo rumenjaka imajo največji vpliv ksantofili (lutein in zeaksantin), beta-karoten, ki spada med karotene, pa manjšega (Gašperlin, 2018, str. 4). Razmerje karotenoidov v krmi torej povzroči različne barve jajčnega rumenjaka, od bledo rumene do temno oranžne barve.

<sup>2</sup> Vir slike: *The influence of selected active substances on the functioning of the visual system - Scientific Figure on ResearchGate*. Dostopno na: [https://www.researchgate.net/figure/Structural-formulas-of-carotenoids-A-lutein-3-3-dihydroxy-a-carotene-B-zeaxanthin\\_fig1\\_324168584](https://www.researchgate.net/figure/Structural-formulas-of-carotenoids-A-lutein-3-3-dihydroxy-a-carotene-B-zeaxanthin_fig1_324168584) (Dostopno 30. 1. 2023)



Slika 4. Valovne dolžine in barva karotenoidov, ki se dodaja krmi kokoši nesnič z namenom obarvanja jajčnega rumenjaka<sup>3</sup>

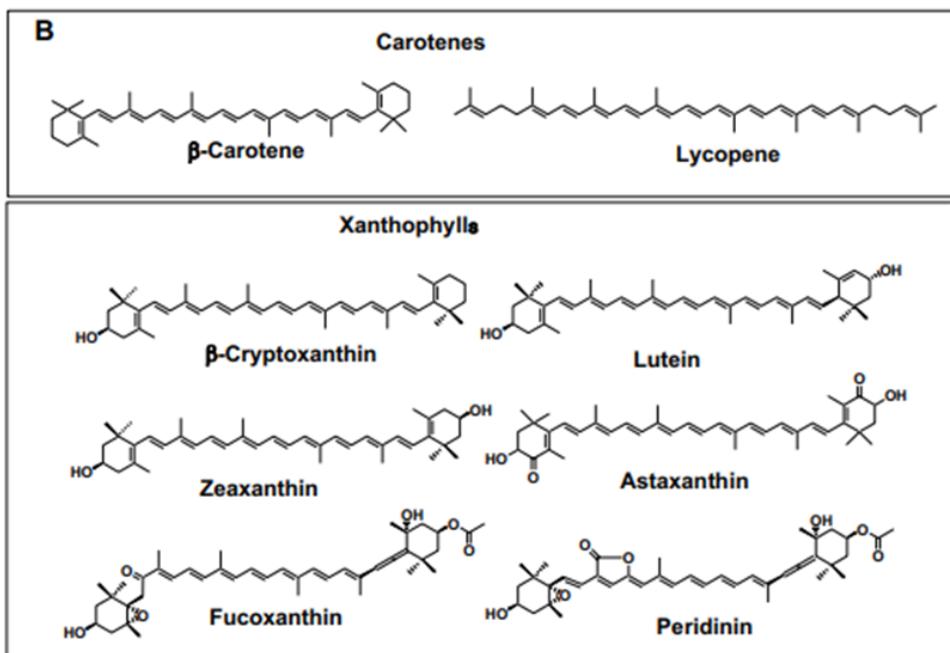
Številni raziskovalci poročajo, da imajo kokoši, ki živijo v zdravih pogojih in so hrnjene z naravno ter raznoliko hrano, rumeno-oranžno obarvano jajčni rumenjak in da so takšna jajca tudi najbolj hranljiva. Lutein in zeoksantin predstavljata rumeno osnovo, dodatki kapsantina in kaposrubina pa rumenjak obarvata intenzivno oranžno-rdeče (Maeda s sod. 2013, str. 1).



Slika 5. Rumenjaki različnih barv (Remšak, 2023)

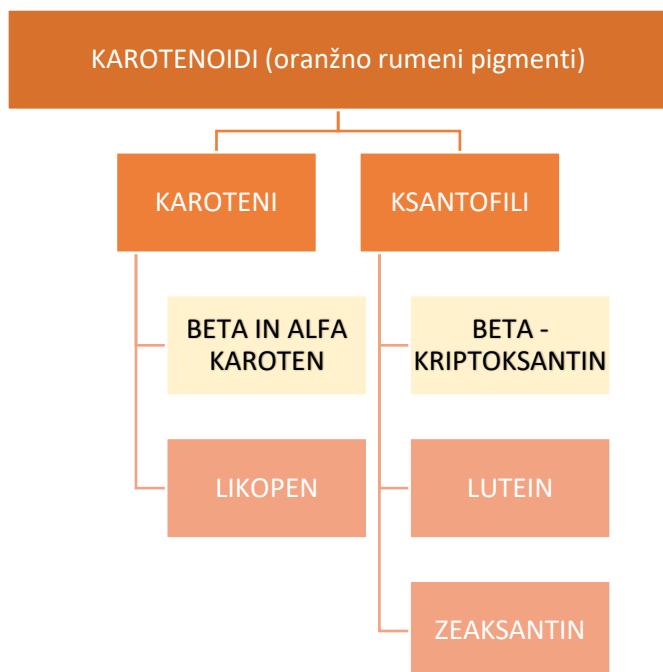
Karoten je oranžen fotosintetični pigment, ki ga najdemo v sadju in zelenjavi. Obstaja več različic, vendar vsi sodijo v skupino spojin, ki jih imenujemo karoteonidi. Do danes je bilo odkritih več kot 600 različnih spojin. Vse so derivati izoprena (slika 6) in se med seboj razlikujejo po predponi in končnici, ki sledi glavni verigi (Maoka, 2022, str. 2).

<sup>3</sup> Vir slike: <https://www.dsm.com/anh/news/feed-talks/articles/eggyolk-pigmentation-guidelines.html> (Dostopno 30. 1. 2023)



Slika 6. Delitev karotenoidov na karotene in ksantofile (strukturne razlike) (Maoka, 2022, str. 2)

Kot je razvidno na sliki 7, jih lahko delimo na karotene (ogljikovodiki) in ksantofile, ki poleg ogljika in vodika vsebujejo še kisik. Človek karotenoidov ne more sintetizirati, zato jih mora pridobiti z rastlinsko hrano (Leacy, 2014, str. 12).



Slika 7. Klasifikacija karotenoidov. Oba, ki sta obarvana z rumeno, sta pomembna pri sintezi vitamina A (Leacy, 2014, str. 12)

### **2.3.2 POMEN KAROTENOIDOV V PREHRANI ČLOVEKA**

Karotenoidi vplivajo na zdrav razvoj očesne mrežnice<sup>4</sup> in ščitijo kožo pred škodljivi UV-žarki (Brulc, 2015, str. 1). Beta-karoten<sup>5</sup> je provitamin vitamina A, kar pomeni, da se v jetrih pretvarja v vitamin A, glede na potrebe organizma in tako veča odpornost organizma v boju z boleznimi. Vitamin A omogoča normalen vid, obnovo in pravilno delovanje povrhnjice kože in sluznice, ugodno deluje pri nekaterih kožnih boleznih, celjenju ran, prebavnih motnjah in pomanjkanju teka, preprečuje infekcije sluznic, ščiti pred nekaterimi oblikami raka, poveča količino pigmenta v koži, ki skrajša potreben čas, da lepo porjavimo, varuje kožo pred škodljivimi vplivi sončnih žarkov, zagorelost pa se zaradi njega ohrani dalj časa<sup>6</sup>. V mladosti vpliva tudi na rast in razvoj kosti in zob. Zaradi svojih antioksidativnih lastnosti se v živilski industriji uporablja kot stabilizator in barvilo (Gašperlin, 2018, str. 4).

Biološka dostopnost karotenoidov iz jajčnega rumenjaka je mnogo večja kot iz živil rastlinskega izvora, zato so jajca v prehrani pomembna. Jajca tudi na splošno sodijo med t. i. polnovredna živila z visoko biološko vrednostjo (Brulc, 2015. str. 1).

Prva poročila o uspešni ekstrakciji karotenoidov iz rdeče paprike segajo v leto 1817. Leto kasneje so jih izolirali iz žafrana, nato korenja (1831) in jesenskega listja (1837) (Maoka, 2020, str. 2). Leta 1906 je ruskemu botaniku Zwetu s kromatografijo uspelo ločiti karoten, ksantofil in klorofil iz zelenih listov. V tridesetih letih prejšnjega stoletja sta Karrer in Khun razjasnila strukturi beta-karotena in likopena. Ugotovili so, da je beta-karoten predhodnik vitamina A. Za to delo so leta 1938 dobili tudi Nobelovo nagrado za kemijo<sup>7</sup>. Sledila so odkritja struktur luteina, zeaksantina in astaksantina (Maoka, 2022, str.2).

Od prve strukturne razlage beta-karotena, ki sta jo opravila Kuhn in Karrer v letih od 1928 do 1930, so do leta 2004 poročali o približno 750 naravno prisotnih karotenoidih (Britton s sod., 2004, str. 547).

<sup>4</sup> Star slovenski pregovor pravi: »Jej korenček, da boš dobro videl!« (opomba avtorja).

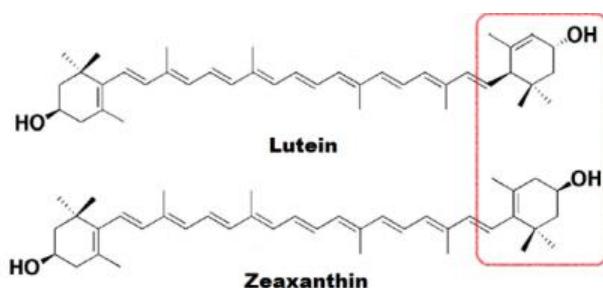
<sup>5</sup> Obstaja tudi alfa-karoten. Ima podobne učinke kot beta izomer, le da za približno polovico manj aktiven (opomba avtorja).

<sup>6</sup> Prevelika količina karotena povzroča rumeno kožo, oranžne dlani in podplate (opomba avtorja).

<sup>7</sup> Vir: <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/1938/speedread/> Povzeto 11. 12. 2022

Veliko živali uporablja karotenoide kot signalne molekule (spolno signaliziranje, socialno statusno signaliziranje in signaliziranje med staršem in potomcem) med vrstami (prepoznavanje vrst, opozorilna obarvanost, mimikrija) in komunikacijo (Britton s sod., 2008, str. 4)

Med ksantofili je v zadnjih letih v ospredju preučevanj številnih znanstvenikov zeaksantin. Skupaj z luteinom sta aktivno vključena v fotosintezo in ju v visokih koncentracijah najdemo tudi v mrežnici človeških oči. Ime "zeaksantin" izhaja iz *zea mays*, ki je izraz za koruzo in *xanthos*, ki je grška beseda za rumeno barvo. To je pigment, ki mnogim živilom daje značilno rumeno barvo, vključno s papriko, žafranom, koruzzo in jajčnimi rumenjaki. Glavni vir zeaksantina so koruza, japonski kaki, koruzni zdrob, špinača, repa, zelena, zelenjava, zelena solata, ohrov, paradižnik, mandarine in pomaranče. Lutein in zeaksantin imata veliko skupnih funkcij in lastnosti in sta izomera. Razlikujeta se le po lokaciji dvojne vezi v enem od končnih obročev (slika 8).



Slika 8. Razlike v strukturi luteina in zeaksantina (povzeto po Abdel-Aal s sod., 2013, str. 1171)

Zaradi strukturne podobnosti številne študije proučujejo lutein in zeaksantin skupaj in ne posamično.

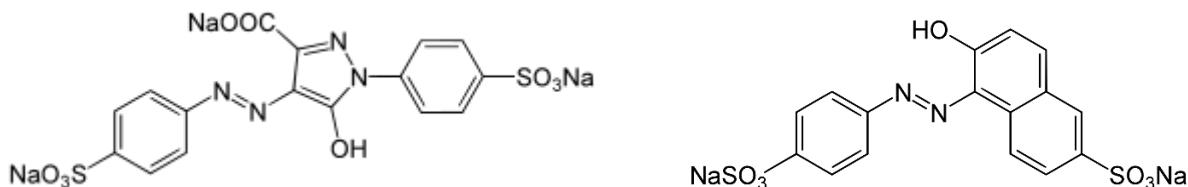
## 2.4 SINTETIČNA ŽIVILSKA BARVILA

Živilski aditivi vplivajo na obstojnost živil, njihov videz (barvo), okus, teksturo. Sintetične spojine, uporabljene kot živilska barvila, so povezane z visoko stabilnostjo, nizkimi proizvodnimi stroški ter enostavnostjo uporabe. Najpogosteje uporabljena rumeno-oranžna sintetična živilska barvila so prikazane v preglednici 1.

Preglednica 1. Sintetična živilska barvila, ki so dovoljena (Lok in Wo, 2010, str.2)

<b>DOVOLJEN UMETNI BARVNI DODATEK</b>	<b>Dnevno priporočljiv odmerek v mg/kg telesne teže (FAO/WHO,1999)</b>
Tartazin (E102)	0 - 7,5
Kinolinsko rumena (E104) (Sunset Yellow)	0 - 0,5
Sončno rumena FCF (110)	0 - 1,0
Kromotrop FB (E122)	0 - 4,0
Amarant (E123)	0 - 0,5
Eritozin B (E127)	0 - 0,1

Na sliki 9 sta prikazani strukturni formuli Tartrazina, ki je uporabljen v tej nalogi kot pozitivna kontrola in Sunset Yellow, ki ga pogosti najdemo v različnih živilskih proizvodih human rabe.



Slika 9. Strukturni formuli Tartrazina (E102) in Sunset yellow (E110) umetnih rumenih barvil (Mashal, 2014, str. 2 )

Obe barvili sta pridobljeni iz nafte in se uporablja v živilih (npr. v sladkarijah, sladicah, prigrizkih, sirih, omakah, sladoledih, sladkih pijačah, čipsu in konzerviranem sadju), kozmetiki in obarvanju zdravil. Že v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja so nekateri znanstveniki opozarjali, da obe barvili lahko povzročata ADHD (ang. *attention deficit hyperactivity disorder*) ali povečata hiperaktivnost pri otrocih, alergije, poškodbe belih krvničk (Millichap in Yee, 2012, str. 330). Glavni simptomi ADHD vključujejo težave s pozornostjo in koncentracijo, ki se jim lahko pridruži hiperaktivnost in impulzivnost. To so prenagljena dejanja, ki se zgodijo v trenutku brez misli. ADHD velja za kronično in izčrpavajočo motnjo in je znano, da vpliva na učne sposobnosti, medosebne odnose in zmožnosti vsakodnevnega delovanja in prilaganja različnim okoljem (Reha Medical, 2023)<sup>8</sup>.

Ozaveščenost potrošnikov o vsebnosti sintetičnih ali naravnih barvil je v veliki meri odvisna od informacij na etiketi, vendar mnogi potrošniki teh informacij ne razumejo. V tem kontekstu

<sup>8</sup> Vir dostopen na: <https://rehamedical.si/kaj-je-adhd/> (Povzeto 31. 1. 2023)

je najpogosteje obravnavan aditiv tartrazin (E102), sintetično barvilo, za katerega je bilo ugotovljeno, da povzroča nekatere bolezni, kot so astma, ekcem, urtikarija in migrena (Rowe s sod., 1994, str. 691), vedenjske spremembe, kot so hiperaktivnost, nemir in motnje spanja. Raziskava, kjer so testirali kombinacije umetnih živilskih barvila na vedenje otrok, so pokazale, da lahko zaužitje več živilskih aditivov zniža otrokov inteligenčni kvocient (IQ) (McCann s sod., 2007, str. 1560) in da so otroci bolj kot odrasli dovezetni za stranske učinke sintetičnih živilskih aditivov (Goldman, 2000, str. 443).

K živalski krmi kokoši se največkrat dodajajo umetni barvila kot sta Tartrazin (E102) in Sunset yellow (E110). V Evropski uniji je uporaba Tartrazina v ta namen prepovedana v Avstriji in na Norveškem.



Slika 10. Etikete za pripravke, ki so v uporabi za intenzivnost obarvanja jajčnih rumenjakov<sup>9</sup>.

## 2.5 VREDNOTENJE BARVE RUMENJAKA

### 2.5.1 VIZUALNA OCENA

Barva rumenjaka se pogosto določi z DSM® barvno pahljačo, ki ima 16 enot (Gašperlin s sod., 2018, str. 4) ali t. i. La Roche lestvico. Pahljača rumenjake razvršča od najbolj bledo rumene barve do najbolj oranžne barve. Vsaka barva je v korelaciji s količino karotenoidov, ki so prisotni. Jajca, katerih barva je ocenjena z manj kot 8, vsebujejo zelo malo barvil, posledično lahko sklepamo, da so bile kokoši hrnjene s precej enolično hrano in je tudi prehranska vrednost teh jajc nižja. Bovškova s sod. (2014, str. 216) ugotavlja, da je za običajno prakso v perutninski industriji in trgovini vizualna ocena barve jajčnega rumenjaka primernejša od spektrofotometrične določitve vsebnosti skupnih karotenoidov izraženih kot vsebnost beta-

<sup>9</sup> Vir slike: <https://www.foodallergy.org/living-food-allergies/food-allergy-essentials/common-allergens/egg>  
Dostopen 19. 2. 2023

karotena. Njena prednost je tudi hitrost določitve, informacije pa se bolje ujemajo s čutnim zaznavanjem barve jajčnega rumenjaka.



Slika 11. DSM ® barvna pahljača (Leiterman, 2023)

Preglednica 2. Količina karotenoidov v jajčnem rumenjaku, ki ustreza DSM skali na barvni pahljači izražena v delcih na milijon (ppm) (Leiterman, 2023)<sup>10</sup>

DSM ocena barve rumenjaka	Vsebnost ksantofilov (ppm)	Vsebnost karotenov (ppm)
8	7,5	0,5
9	7,5	1,0
10	7,5	1,5
11	7,5	2,0
12	9,0	3,0
13	10,5	4,0
14	10,5	5,0
15	10,5	5,5
16	12	8,0

## 2.5.2 METODE ZA LOČEVANJE NARAVNIH IN UMETNIH BARVIL

Sodobna znanost omogoča ločevanje med umetnimi in naravnimi barvali s pomočjo različnih metod. Tehnike dela, ki lahko zagotovijo natančne in podrobne informacije o sestavi barvil in lahko pomagajo ugotoviti, ali so naravnega ali sintetičnega izvora, so:

<sup>10</sup> Vir dostopen na: <https://crystalcreeknatural.com/egg-yolk-color-and-how-to-manage-it/> (Dostopno 31. 1. 2023)

- tankoplastna kromatografija,
- VIS-spektroskopija,
- tekočinska kromatografija visoke ločljivosti (High-Performance Liquid Chromatography – HPLC),
- infrardeča spektroskopija s Fourierjevo transformacijo (Fourier Transform Infrared Spectroscopy – FTIR).

Ker bi za vse naštete metode potrebovali tudi čiste standarde in ustrezne aparature, ki jih šolski laboratorij ne premore, cena standardov pa presega višino sredstev, ki smo jih imeli na voljo za to raziskavo, smo se odločili, da bomo uporabili enostaven kemijski test, ki temelji na razbarvanju rumenjaka oz. karotenoidov v njem. Metoda je opisana v zbirki vaj za študente Živilske tehnologije Biotehniške fakultete v Ljubljani (Kakovost živil in zakonodaja, 2009/10) – Določanje umetnih barvil v rumenjaku. Razbarvanje temelji na reakciji barvil v rumenjaku z dušikovo (III) kislino, ki je opisano v poglavju 3.3.

### 3 PRAKTIČNI DEL

#### 3.1 VZORCI JAJC

V namen te raziskave smo uporabili vzorce kokoših jajc, ki so predstavljeni v preglednici 3.

**Preglednica 3. Predstavitev vzorcev**

Način reje kokoši	Oznaka jajca	Oznake vzorcev	Število testiranih vzorcev*
Prosta reja	1	1.1; 1.2, 1.3, 1.4	8 -12
Ekološka reja	2	2.1; 2.2, 2.3, 2.4	8 -12
Hlevska reja	3	3.1; 3.2, 3.3, 3.4	8 -12
Baterijska reja	4	4.1; 4.2, 4.3, 4.4	8 -12

\* Za vsak vzorec smo uporabili vsaj dve jajci, v primeru različnih rezultatov pa še tretjega.

Za vsak tip vzreje kokoši smo pridobili 4 vzorce jajc, ki so bili datirani  $\pm$  3 dni. Jajca smo označili z alkoholnim flomastrom in vsako jajce analiziral posebej. V primeru, da sta se dva vzorca istega tipa razlikovala, smo poskus ponovili še s tretjim jajcem. Skupaj smo tako opravili 32 poskusov z jajci.

Za **pozitivno kontrolo** smo uporabili Tartrazin (E102). Dodali smo mu vse reagente, vendar rumena barva Tratrazina ostane.

**Negativna kontrola** so bili karoteni izolirani iz korenčka, ki smo jim dodali vse reagente. Karotenoidi v korenčki so se razbarvali. .

Za **slepo probo** smo uporabili vse sestavine razen rumenjakov, ki smo jih nadomestili z destilirano vodo in opazovali spremembe. Do obarvanja ni prišlo. .

### 3.2 VREDNOTENJE BARVE RUMENJAKOV Z DSM BARVNO PAHLJAČO (SENZORIČNA ANALIZA)

Barvo surovega rumenjaka smo izmerili z DSM barvno pahljačo, ki ima 16 enot (slika 11). Rezultati so predstavljeni v preglednici 4.

### 3.3 DOLOČANJE UMETNIH BARVIL V RUMENJAKU

Za kvalitativno določanje umetnih barvil v rumenjaku potrebujemo:

#### A. Kemikalije

- ✓ Etanol (96%, Riedel-de Haën – Honeywell)
- ✓ dietil eter (100%, Riedel-de Haën – Honeywell)
- ✓ 5 % NaNO<sub>2</sub> (Merck, p.a.)
- ✓ Konc. HCl (37%, (Riedel-de Haën – Honeywell)
- ✓ Destilirana voda
- ✓ E102 (Tartrazin) (Merck – Sigma Aldrich)

#### B. Materiali:

- ✓ Jajca različnih načinov rej (za vsak način reje vsaj 4 različni dobavitelji in vsaj 2 vzorca)
- ✓ Večji korenček, z oznako EKO pridelave

#### C. pribor

- ✓ Analitska tehtnica (Kern, ± 0,001 g)

- ✓ Steklene čaše (250 mL)
- ✓ Erlenmajerice (100 mL)
- ✓ Steklene palčke
- ✓ Filter papir Whatman črni (hitro filtriranje)
- ✓ Merilne pipete (1 mL)
- ✓ Merilni valj (20 mL)
- ✓ Epruvete in stojalo za epruvete
- ✓ Parafilm in alkoholni flomaster
- ✓ Terilnica s pestilom

## Delo

### 1. Priprava raztopin

S pomočjo dveh merilnih valjev smo ločeno odmerili 20 mL etanola in 60 mL etra ter ju zmešali v 250 mL čaši in zaprli s parafilmom (razmerje 1:3). Čašo smo označili z oznako **AE**

Na analitsko tehnicco smo položili 250 mL čašo in tarirali. Nato smo dodali ~5 g NaNO<sub>2</sub> in do 100 g dolili destilirano vodo. Čašo smo zaprli s parafilmom in jo označili kot **5 % NaNO<sub>2</sub>**.

### 2. Ločevanje rumenjaka in beljaka

Jajčno lupino smo razbili in s »pretakanjem« ločili rumenjak (v erlenmajerico) in beljak (v 250 mL čašo oz. večjo posodo). S stekleno palčko smo dobro premešali rumenjak, da je bila masa čim bolj homogena<sup>11</sup>.

### 3. Ekstrakcija barvil iz rumenjaka

S pomočjo merilnega valja smo odmerili 20 mL raztopine AE in jo dodali homogeniziranemu rumenjaku. Vse skupaj smo dobro premešali s stekleno palčko. Dobili smo heterogeno zmes (slika 16).

### 4. Ločevanje trdne in tekoče faze

Predhodno smo pripravili naguban filtrirni papir in s pomočjo filtracije previdno ločili kosmičasti rumeni preostanek ter bistro rumeno tekočino (filtrat). Kosmičasti preostanek smo odložili med biološke odpadke. Filtrat smo zbrali v epruveti (slika 16).

---

<sup>11</sup> Beljake sem uporabil za peko različnih peciv – opomba avtorja.

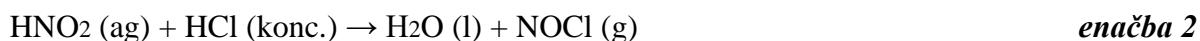
## **5. Testiranje prisotnosti umetnih barvil v ekstraktu (filtratu) jajčnega rumenjaka**

Filtratu smo najprej s pomočjo merilne pipete dodali 1 mL 5 % NaNO<sub>2</sub> in nato še 5 kapljic koncentrirane HCl. Epruveto smo zaprli z gumijastim zamaškom ter močno stresali. Pri tem je nastal plin, ki je zahteval odstranitev zamaška. Epruveto smo odprli in jo položili v stojalo. Nastali sta dve plasti – organska in anorganska. Po 5 minutah smo odčitali rezultat (filtrat se razbarva/ne razbarva).

Predvidevali smo, da je pri tem potekla naslednja reakcija:



Ob prebitku kon. HCl je reakcija tekla dalje in nastal je nitrozilov klorid (plin) – NOCl.



Predpostavili smo, da bi lahko potekale še naslednje reakcije:



Enačbi 3 in 4 sta naši predpostavki, saj Conney s sod. (1993, str. 460) poroča, da bi karotenoidi lahko povzročili razpad dušikovega (III) oksida v dušikov (IV) in dušikov (II) oksid. Nedvomno pa je pri opisani reakciji nastal plin ali mešanica plinov med katerimi je NOCl najmočnejši oksidant (t. i. Tildenov reagent), ki v reakciji z naravnimi barvili, kot so karotenoidi, takoj reagira. Pri tem nastanejo različni razpadni produkti, posledica česar je **razbarvanje karotenoidov**.

### **Pozitivna kontrola**

5 mL 1 % raztopne Tratrazina smo najprej dodali 20 mL raztopne AE in nato s pomočjo merilne pipete dodali 1 mL 5 % NaNO<sub>2</sub> in nato še 5 kapljic koncentrirane HCl. Epruveto smo stresali in opazovali barvo raztopine. Tartrazin se ob prisotnosti NaNO<sub>2</sub> in konc. HCl ni razbarval (slika 13 in 16).



Slika 12. Pozitivna kontrola (prisotnost umetnih barvil)

### Negativna kontrola

Večji korenček smo oprali in naribali. Naribani korenček smo dali v terilnico in zraven dodali 20 mL raztopine AE ter mešanico trli s pestilom. Sledila je filtracija rumeno-oranžne raztopine. V 5 mL filtrata smo s pomočjo merilne pipete dodali še 1 mL 5 % NaNO<sub>2</sub> in nato še 5 kapljic konc. HCl. Epruveto smo stresali in opazovali barvo raztopine. Barvila, karotenoidi, se ob prisotnosti NaNO<sub>2</sub> in konc. HCl razbarvajo. Sprva v svetlo rumeno barvo, po 5 minutah pa povsem brezbarvno raztopino. Vsak poskus smo 3-krat ponovili in dobili identične rezultate (slika 13).



Slika 13. Negativna kontrola 2 (reakcija na ekstrahiran karoten iz korenčka).

### Slepa proba

V 5 mL destilirane vode smo najprej dodali 20 mL AE in stresali. Nato smo odmerili 5 mL tako pripravljene raztopine in s pomočjo merilne pipete dodali še 1 mL 5 % NaNO<sub>2</sub> ter nato še 5 kapljic konc. HCl. Epruveto smo stresali in opazovali barvo raztopine. Barva se ni spremenila, ostala je prozorna.



Slika 14. Slepa proba z destilirano vodo

## 4 REZULTATI IN RAZPRAVA

### 4.1 SENZORIČNA ANALIZA

Z DSM pahljačo smo najprej opravili senzorično analizo rumenjaka. Rezultati so zbrani v preglednici 4.

Preglednica 4. Senzorična analiza s pomočjo DSM pahljače

Način reje kokoši	Oznaka jajca	Oznake vzorcev <sup>12</sup>	DSM vrednost <sup>13</sup>	Poprečje DSM ( $\pm 0,5$ )	Ocena skupnih ksantofilov (ppm)	Ocena skupnih karotenov (ppm)
Prosta reja	1	1.1; 1.2, 1.3, 1.4	10,10, 10, 11	10,2	7,5	1,5
Ekološka reja	2	2.1; 2.2, 2.3, 2.4	9, 10, 9, 10	9,5	7,5	1,0
Hlevska reja	3	3.1; 3.2, 3.3, 3.4	15,15,15,14	14,5	10,5	5,0
Baterijska reja	4	4.1; 4.2, 4.3, 4.4	14,15,15,15	14,5	10,5	5,0

Senzorična analiza je pokazala velike razlike v barvi rumenjakov glede na način vzreje kokoši nesnic. Jajca iz baterijske reje so bila izrazito oranžno obarvana, jajca iz ekološke reje pa zelo bledo rumena, kar vidimo tudi iz slike 15.

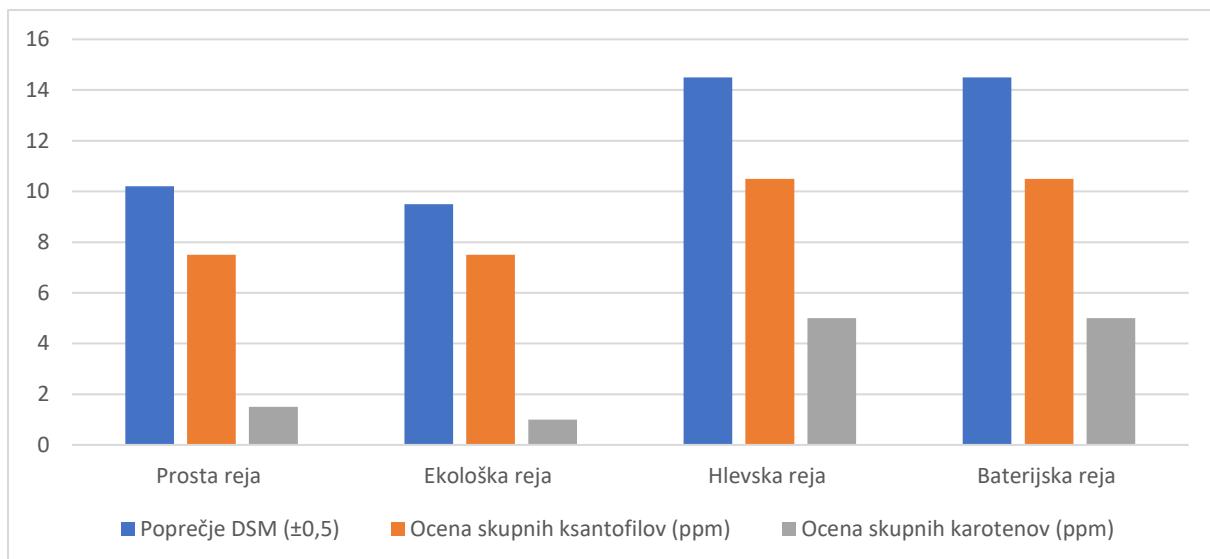


Slika 15. Primeri jajčnih rumenjakov iz različnih vzorcev glede na vzrejo kokoši (Remšak, 2023)

Temu primerne so bile tudi razlike v koncentraciji karotenov in ksantofilov, ki so prikazane na grafu 1.

<sup>12</sup> Za vsak vzorec smo uporabil dve jajci; če rezultata nista bila identična, smo uporabil še tretje jajce (opomba avtorja).

<sup>13</sup> Povzeto iz DSM pahljače (opomba avtorja)



**Graf 1. Poprečje DSM in vsebnost skupnih ksantofilov ter karotenov glede na način vzreje kokoši nesnic**

Kemijski testi, izvedeni s kontrolami (E102 – umetno barvilo in karoteni izoliranimi iz korenčka, ter destilirano vodo), so dali pričakovane rezultate:

- E102 se ni razbarval.
- Karotenoidi iz korenčka so se v roku 5 minut povsem razbarvali.
- destilarna voda ni dala obarvanih produktov.

Testi z jajčnimi rumenjaki so potekali tako, da smo končno barvo vedno primerjali s pozitivnim in negativnim testom.

Sledilo je določanje prisotnosti sintetičnih barvil v vzorcih rumenjakov.

## 4.2 DOLOČANJE UMETNIH BARVIL V RUMENJAKU

Na organigramu 1 je prikazan način dela.



**Organigram 1. Predstavitev praktičnega dela določanja prisotnosti sintetičnih živilskih barvil**

Slikovni prikaz dele je na sliki 16.



**Slika 16. Postopek dela (slikovni prikaz; Remšak, 2023)**

Rezultati preiskav so zbrani v preglednicah od 5 do 8.

**Preglednica 5. Vsebnost umetnih barvil v rumenjakih jajc iz PROSTE REJE**

	<b>1.1</b>	<b>1.2</b>	<b>1.3</b>	<b>1.4</b>
Prisotnost umetnih barvil	ne	ne	malo	ne
Fotografije				

V rumenjakih jajc iz proste reje smo samo v vzorcu 1.3 vedno določili nizko prisotnost umetnih barvil.

**Preglednica 6. Vsebnost umetnih barvil v rumenjakih jajc iz EKOLOŠKE REJE in primerjava s pozitivno kontrolo (druga epruvete z leve strani)**

	<b>2.1</b>	<b>2.2</b>	<b>2.3</b>	<b>2.4</b>
Prisotnost umetnih barvil	ne	ne	ne	ne



V rumenjakih jajc iz ekološke reje prisotnosti umetnih barvil nismo določili v nobenem vzorcu.

**Preglednica 7. Vsebnost umetnih barvil v rumenjakih jajc iz HLEVSKE REJE**

	<b>3.1</b>	<b>3.2</b>	<b>3.3</b>	<b>3.4</b>
Prisotnost umetnih barvil	malo	da	da	ne
Fotografije				

V rumenjakih jajc iz hlevske reje smo nizko prisotnost umetnih barvil določili v treh od štirih vzorcih.

#### Preglednica 8. Vsebnost umetnih barvil v rumenjakih jajc iz BATERIJSKE REJE

	3.1	3.2	3.3	3.4
Prisotnost umetnih barvil	malo	malo	da	da
fotografije				

V rumenjakih jajc iz baterijske reje smo prisotnost umetnih barvil določili v vseh štirih vzorcih, vendar ne povsod v enakih količinah, saj intenziteta barve ni povsod enaka. Vse rezultate smo povzeli v grafu 2.



Graf 2. Prisotnost umetnih barvil glede na način vzreje kokoši nesnic

## 4 ZAKLJUČEK

V raziskavi smo želeli ugotoviti, ali je barva jajčnih rumenjakov odvisna od načina reje kokoši nesnic. Iz grafa 1 vidimo, da so največje razlike med jajčnimi rumenjaki kokoši nesnic iz baterijske reje in ekološke reje. V raziskavi smo obravnavali jajca iz vseh štirih načinov reje (baterijska oz. reja v kletkah, talna oz. hlevska, pašna, ekološka reja) in s pomočjo dveh kvalitativnih metod, to sta DSM pahljača in kemijski test določanja prisotnosti umetnih barvil, prišli do zaključka, da intenzivnost barve rumenjaka pada v naslednjem vrstnem redu:

**baterijska reja > hlevska reja > prosta reja > ekološka reja**

Dobljene rezultate lahko primerjamo z dvema objavljenima raziskavama. Na italijanskem trgu je Hidalgo s sod. (2008, str. 1031) ugotovil, da intenzivnost barve rumenjaka pada v naslednjem vrstnem redu: baterijska reja > prosta reja > talna reja > ekološka reja; kar sovpada z našimi rezultati.

Tudi v drugih študijah (Terčič in sod., 2012; Pajk Žontar in sod., 2010; Bovšková in sod., 2014, str. 214) so ugotovili, da so rumenjaki jajc iz ekološke reje manj intenzivno obarvani kot rumenjaki jajc baterijske reje. Predvidevamo, da je v hrani kokoši baterijske reje prisotnih več maščob, kar povzroči, da se tudi karotenoidi boljše raztapljajo in posledično je intenzivnejše tudi obarvanje. Vendar bi v tem primeru morala biti pri v večjih količinah dodani tudi antioksidanti, sicer bi oksidacijski produkti maščob razbarvali rumenjak (Holcman in sod., 2014, str. 220).

Uporaba DSM pahljače se je izkazala kot zelo uporaben pripomoček, kar je v svoji raziskavi že potrdila tudi Bovškova s sod. (2104, str. 217).

Umetna/sintetična barvila smo dokazali v vzorcih jajc kokoši iz proste, hlevske in baterijske reje. Prisotnost umetnih barvil je naraščala v naslednjem vrstnem redu:

**prosta reja < hlevska reja < baterijska reja**

Na osnovi teh rezultatov je težko zaključiti, ali je različna intenzivna oranžna barva rumenjakov jajc kokoši iz baterijske reje tudi posledica večje količine maščob v prehrani kokoši, vendar pa lahko potrdimo, da so bila v njihovi prehrani prisotna tudi sintetična barvila.

Na tej osnovi lahko **potrdimo hipotezo 1**, kjer smo predpostavili, da so rumenjaki iz jajc ekološke reje najmanj intenzivno obarvani oranžno.

Prav tako lahko **potrdimo hipotezo 2**, saj so rumenjaki iz baterijske reje res najbolj intenzivno obarvani oranžno.

**Potrdili smo tudi hipotezo 3**, saj smo v vseh štirih vzorcih rumenjakov jajc kokoši nesnic iz baterijske reje dokazali prisotnost umetnih barvil.

Ne moremo potrditi **hipoteze 4**, kjer smo predvidevali, da umetnih barvil ne bomo našli v vzorcih rumenjakov jajc kokoši nesnic iz pašne, hlevske in ekološke reje. Slednje smo dokazali samo za jajca kokoši iz ekološke reje.

Pri **hipotezi 5** smo predpostavili, da so rumenjaki jajc kokoši nesnic iz talne in pašne reje primerljive barve in na osnovi barve rumenjaka ne moremo ločiti med njimi. Ta hipoteza je **bila potrjena**, vendar bi morda večje število vzorcev pokazalo drugačen rezultat.

Ker nas je zanimalo, ali se vir prehrane res izraža v kakovosti jajčnega rumenjaka, je avtor te naloge domače kokoši teden dni hranil z večjimi količinami korenja in prišel do zaključka, da je njihov rumenjak res bolj oranžno obarvan. Zato lahko zaključimo, da je barva rumenjaka nedvomno bolj povezana z načinom prehrane kokoši in manj z načinom vzreje (baterijska oz. reja v kletkah, talna oz. hlevska, pašna, ekološka reja). Ni nujno, da je močno oranžno obarvan rumenjak že znak, da so bile kokoši v stiku z umetnimi/sintetičnimi barvili. Slednje je vedno potrebno dokazati z ustreznimi testi.

Pomanjkljivost raziskave vidimo predvsem v dejstvu, da smo za vsak način vzreje kokoši imeli samo štiri različne vzorce. Večje število vzorcev bi zagotovo pomenilo večjo zanesljivost dobljenih rezultatov. Vendar je potrebno omeniti, da tudi štiri različne vzorce, ki so bili datirani v istem tednu, ni bilo lahko pridobiti. Za večjo zanesljivost rezultatov bi morali v rumenjaku določiti še druge parametre, predvsem vrednost skupnih maščob. Zelo dobrodošel bi tudi vpogled v način prehranjevanja kokoši, saj je sledljivost jajc mogoča, vendar bi to zahtevalo dodaten napor iskanja vzrediteljev. Žal vsa jajca niso imela ustreznih številk oz. žigov (slika 1).

Na podlagi opravljenih testov ni mogoče zaključiti, katero umetno barvilo je bilo dodano prehrani kokoši, niti v kakšnih količinah. Literatura navaja 18 različnih sintetičnih barvil (Lok s sod., 2014). To bi bil zagotovo zelo koristen podatek, saj bi ga lahko preračunali na dopustni dnevni vnos, izražen v miligramih na kilogram telesne teže.

Naravno prisotna barvila v jajcih se lahko med shranjevanjem tudi deloma razgradijo, zato je zelo pomembno, da med seboj primerjamo jajca, ki so enako stara. Ker je raziskava potekla v zimskih mesecih, predvidevamo, da je bleda barva rumenjakov iz ekološke reje tudi posledica tega, saj je prehrana kokoši v zimskem času zelo enolična.

Strah pred močno oranžnimi jajčnimi rumenjaki se je za nas zaključil, saj zdaj vemo, da je barva jajc zelo odvisna od prehrane kokoši in barva rumenjaka ne odraža nujno tudi njegove kvalitete. Upamo, da je s tem razbit tudi »mit«, da je bolj rumen rumenjak in večje jajce znak večje kakovosti tega živila.

## 5 DRUŽBENA ODGOVORNOST

Ko izbiramo živilo, ki je koristno za zdravje, moramo upoštevati vse njegove sestavine. Barva rumenjaka je lastnost živila, ki jo ob nakupu ne vidimo. Tudi na deklaraciji ni zapisana, je pa morda poudarjena na embalaži (npr. posebno rumena jajca), zagotovo pa niso zapisani aditivi v prehrani kokoši, ki je znesla to jajce, zato previdnost ni odveč. Menimo, da je z vidika zdravja še vedno najbolj primerno takšna živila kupovati pri znanih ponudnikih, kjer poznamo tudi način vzreje kokoši nesnic in je to čim bližje našemu domu. Torej, kratka dostavna veriga in preverjena vzreja. Raznolika rastlinska prehrana in netravmatično življenje kokoši bo zagotovo pozitivno vplivalo na njihova jajca. Dejstvo pa je, da so kokoši radovedne, neumorne iskalke priboljškov v naravi, zato je prav, da smo na njihovo prehrano in življenje pozorni. **Pridna kura pobere vsako zrno!** (tudi tisto, ki ga ne želimo).

## 6 VIRI

Abdel-Aal, E. S. M., Akhtar, H., Zaheer, K., & Ali, R. (2013). Dietary sources of lutein and zeaxanthin carotenoids and their role in eye health. Nutrients, 5(4), str. 1169-1185.

Bailey R. 2002. Additives and food safety. Food Sci Technol.16: str. 37–43.

Biotehnična fakulteta Ljubljana ( 2009). Kakovost živil. Vaje za študente. Oddelek za živilsko tehnologijo, Univerza v Ljubljani. Dostopno na: <https://studentski.net/gradiva/univerza-v-ljubljani/biotehniška-fakulteta/zivilstvo-in-prehrana-uni/kakovost-zivil-in-zakonodaja>

Bovšková, H., Míková, K., Panovská, Z. (2014). Evaluation of Egg Yolk Colour. Czech J. Food Sci. Vol. 32, 2014, No. 3: str. 213–217

Britton, G., Liaen-Jensen, S., Pfander, H. (2004). Carotenoids. Hand Book. Birkhäuser, Springer lik, Basel.

Britton, G., Liaen-Jensen, S., Pfander, H. (2008) Carotenoids Volume 4: Natural function. Springer link, Basel.

Brulc, L. (2015). Zeaksantin,  $\beta$ -criptoksanthin in ostali ksantofili v jajčnih rumenajkih. Dok. Disertacija, Biotehniška fakulteta v Ljubljani, Univerza v Ljubljani.

Conney, R.V., Harwood, P. J., Custer, L., J., Franke, A., A. (1993). Light-Mediated Conversion of Nitrogen Dioxide to Nitric Oxide by Carotenoids. Enviroment Healt Perspectives. Hawaii.

Gašperlin A. Vrednotenje barve rumenjakov (2018). Dipl. delo (UN). Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, Univerza v Ljubljani.

Goldman, R.L., Koduru, S. 2000. Chemicals in the environment and developmental toxicity to children: A public health and policy perspective. Environ Health Perspect. 108:str. 443–448.

Hernandez, J-M. Beardsworth, P. M. (2005). DSM Nutritional Products, and DSM Nutritional Products Europe, Switzerland. Dostopno na: <http://www.positiveaction.info/pdfs/articles/pp12.5p17.pdf> Povzeto dne 11. 2. 2023

Hidalgo, A., Rossi M., Clerici F., Ratti S. 2008. A market study on the quality characteristics of eggs from different housing system. Food Chemistry, 106, 3: str. 1031 - 1038

Holcman, A., Salobir J., Zorman-Rojs O., Kavčič S. (2004). Reja kokoši v manjših jatah. Ljubljana, Kmečki glas: str. 226

Kolar, Š. (2007). Pregled in analiza rezultatov proučevanj nekaterih lastnosti kakovosti jajc v Sloveniji. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko: str. 45.

Leacy, E. (2014). A Meta-Analysis of Dietary Carotenoids and Prostate Cancer Incidence. Trinity College Dublin. DOI:10.13140/RG.2.1.5074.7761 Dostopno na:

[https://www.researchgate.net/publication/303347107\\_A\\_Meta-Analysis\\_of\\_Dietary\\_Carotenoids\\_and\\_Prostate\\_Cancer\\_Incidence](https://www.researchgate.net/publication/303347107_A_Meta-Analysis_of_Dietary_Carotenoids_and_Prostate_Cancer_Incidence) Povzeto dne 11. 12. 2022

Leeson, S., Summers, J.D. (1997). Commercial Poultry Nutrition, 2nd edn., University Books, Guelph, Ontario, Canada: str. 350.

Leiterman, D. (2023). Egg Yolk Color And How To Manage It. Dostopno na: <https://crystalcreeknatural.com/wp-content/uploads/2020/03/Egg-Yolk-Color-And-How-To-Manage-It.pdf> Povzeto 12. 2. 2023

Lok , K. Y. W, Chung, W.Y., Woo, J. (2014). Colour additives in snack foods consumed by primary school children in Hong Kong. Food Additives and Contaminants: Part B: Surveillance. Dostopno na: <http://www.tandfonline.com/loi/tfab20> Povzeto dne 11. 12. 2022.

Maeda, Kim, I.H., Zhang, Z.F., Cho, J. H. (2013). Effects of Canthaxanthin on Egg Production, Egg Quality, and Egg Yolk Color in Laying Hens . Journal of Agricultural Science DOI:10.5539/jas.v5n1p269

Maoka, T. (2020). Carotenoids as natural functional pigment. Journal of Natural Medicines (2020) 74: str. 1–16. Dostopna na: <https://doi.org/10.1007/s11418-019-01364-x> Citirano: 11. 12. 2022

Maoka , T. (2009). Recent progress in structural studies of carotenoids in animals and plants. Arch Biochem Biophys 483:str. 191–195

Issa, A., Al-Degs, Y., Mashal, K., Al Bakain, R. (2014). Fast activation of natural biomasses by microwave heating. Journal of Industrial and Engineering Chemistry, JIEC-1917; str. 1-9. Dostopno na: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jiec.2014.02.029> Citirano 1. 12. 2022

Millichap, J.G, Yee, M.,M. (February 2012). "The diet factor in attention-deficit/hyperactivity disorder". Pediatrics. 129 (2): str. 330–337.

McCann, D, Barrett, A, Cooper A, Crumpler D, Dalen L, et al. 2007. Food Additives and hyperactive behavior in 3 year old and 8/9 year old children in the community: a randomised double blinded controlled, placebo controlled trial. Lancet. 370: str. 1560–1567.

Pajk Žontar T., Golob T., Skvarča M., Korošec M. 2010. Svežost kokošjih jajc na slovenskem tržišču (Freshness of chicken eggs on Slovenian market). V: Trendi in izzivi v živilstvu, prehrani, gostinstvu in turizmu : zbornik prispevkov 1. mednarodne strokovne konference, 25.-27. oktober 2010. Cvitkovič D. Loborec V., Vulić G. (ur.). Ljubljana, Biotehniški izobraževalni center: str. 202-209

Pajk Žontar T. 2008. Kako sveža so jajca, ki jih kupujemo? VIP: revija za vzgojo in informiranje potrošnikov, 18, 11/12: str. 30-36

Puhan V. 2017. Ocenjevanje kakovosti jajc glede na sistem reje. Diplomsko delo. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemski vede: str. 56 .

Rowe, K.S, Rowe, K.J. (1994). Synthetic food colouring and behavior: a dose response effect in a double-blind, placebo controlled, repeated measures study. J Pediatr. 125:str. 691–698

Slatnar, J. (2023). Ravnanje, razvrščanje in označevanje jajc kokoši nesnic za prodajo. KGI Slovenije. Dostopno na: <https://lj.kgzs.si/Portals/1> Povzeto 2.3. 2023.

Tisaj, K. (2011). Pomen jajc v prehrani študentov. Diplomsko delo, UL, Biotehniška fakulteta. Dostopno na: [http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/dn\\_tisaj\\_karmen.pdf](http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/dn_tisaj_karmen.pdf) Povzeto 11. 12. 2022

Maeda, Hayato, Saito, Shuuichi Nakamura, Nozomi, Maoka, Takashi. (2013). Paprika Pigments Attenuate Obesity-Induced Inflammation in 3T3-L1 Adipocytes. ISRN inflammation, 2013. DOI: 10.1155/2013/763758.

Terčič D., Žlender B., Holcman A. (2012). External, internal and sensory qualities of table eggs as influenced by two different production systems. Agroznanje, 13, 4: str. 555-562

Tolimir N., Maslovarić M., Škrbić Z., Lukić M., Rajković B., Radišić R. (2017). Consumer criteria for purchasing eggs and the quality of eggs in the markets of the city of Belgrade. Biotechnology in Animal Husbandry, 33, 4: str. 425-437