

# 贵州三穗特色麻鸭蛋成分分析及营养评价

## The analysis and evaluation of nutrients of sansui's characteristic sheldrake duck eggs

沈畅萱<sup>1,2</sup> 王修俊<sup>1,2</sup> 黄珊<sup>1,2</sup>

SHEN Chang-xuan<sup>1,2</sup> WANG Xiu-jun<sup>1,2</sup> HUANG Shan<sup>1,2</sup>

(1. 贵州大学贵州省发酵工程与生物制药省级重点实验室, 贵州 贵阳 550025;

2. 贵州大学酿酒与食品工程学院, 贵州 贵阳 550025)

(1. *Guizhou Provincial Key Laboratory of Fermentation Engineering and Biopharmacy,*

*Guizhou University, Guiyang, Guizhou 550025, China; 2. School of Liquor and Food*

*Engineering, Guizhou University, Guiyang, Guizhou 550025, China)*

**摘要:**为加深对三穗麻鸭的基础研究,完善对三穗鸭蛋的客观评价,以三穗鸭蛋为研究对象,通过国标、气相色谱法、电感耦合等离子体发射光谱法和荧光光度法等方法,对贵州三穗特色麻鸭蛋进行水分、粗蛋白含量、氨基酸组成及其含量、粗脂肪含量、脂肪酸组成及其含量、胆固醇含量和钙、锌、镁、铁、铜、锰、硒 7 种矿物质含量的测定,并采用国际上通用的 WHO/FAO 氨基酸评分模式、化学评分、致血栓指数等评价方法对氨基酸和脂肪酸进行科学评价。得出三穗麻鸭蛋粗蛋白含量 11.97%,粗脂肪含量 12.81%,胆固醇含量 498.55 mg/100 g,钙含量 504.17 mg/kg,氨基酸评分均大于 100 分, AI、TI 指数分别为 0.36 和 0.79,具有氨基酸、脂肪酸价值高,矿物质含量高,致动脉粥样硬化与血栓几率低的特点。

**关键词:**三穗麻鸭蛋;营养测定;氨基酸评价;脂肪酸评价

**Abstract:** The eggs of Sansui's characteristic sheldrake duck were researched to enrich its foundation and deepen the objective evaluation. Moisture content, crude protein content, amino acid composition and its content, crude fat content, composition and content of fatty acids, cholesterol content and the content of calcium, zinc, magnesium, iron, copper, manganese, lead and selenium of 3 kinds of egg samples in Guizhou were determined by the methods of China

**基金项目:**贵州省科技支撑计划项目(编号:黔科合支撑[2017]2555);贵州省三穗县科技项目(编号:三穗科合字第[2016]003号);贵州大学研究生创新基金;贵州大学研究生特色食品加工创新工作站科学技术研究基金(编号:GDTSSPGZZ201703)

**作者简介:**沈畅萱,女,贵州大学在读硕士研究生。

**通信作者:**王修俊(1965—),男,贵州大学教授,学士。

E-mail:775298123@qq.com

**收稿日期:**2017-09-20

national standard, chromatography of gases, Inductively coupled plasma atomic emission spectrometry and spectrofluorimetry. Amino acid and fatty acids were scientifically evaluated by the method WHO/FAO Amino Acid Scoring Model, the chemical score and the Thrombus index used internationally. The results showed that the contents of protein, fat, cholesterol, and Ca, were 11.97%, 12.81%, 498.55 mg/100 g, and 504.17 mg/kg, respectively. Moreover, the score of amino acids was above 100, and the AI and TI values were 0.36 and 0.79 respectively. The results showed that the eggs of Sansui's characteristic sheldrake duck had the property of higher amino acid and fatty acid value, and content of mineral, and lower incidence of atherosclerosis and thrombus were found in them.

**Keywords:** eggs of Sansui's sheldrake duck; nutrition determination; amino acid evaluation; fatty acid evaluation

三穗鸭是中国地方优良畜禽品种,与北京鸭、绍兴鸭、高邮麻鸭同被誉为中国地方四大名鸭<sup>[1]</sup>。三穗鸭属产蛋多,每年平均产蛋量约 260 枚,立夏吃蛋是三穗县特有的“鸭食”文化。蛋类具有高品质的蛋白质和均衡的矿物质与维生素,且相对于肉类和水产类等高蛋白食品价格更为低廉<sup>[2]</sup>。前人分别对斑嘴野鸭蛋<sup>[3]</sup>、鲜鸭蛋<sup>[4]</sup>、贵州六枝特区麻鸭蛋<sup>[5]</sup>及缠丝鸭蛋<sup>[6]</sup>进行了营养成分分析,但仅测定其营养成分的含量,并未对其氨基酸与脂肪酸组成进行深入分析。

为填补三穗鸭蛋营养成分相关资料的空白,丰富贵州三穗特色麻鸭的基础研究,科学且全面地对三穗麻鸭蛋的营养成分进行综合研究分析,本试验采用国标等方法,结合风俗习惯与市场现状,以 4 种鸭蛋样品——配合饲料喂养三穗麻鸭所产单黄蛋、配合饲料喂养三穗麻鸭所产双黄蛋、土鸭蛋与市售鸭蛋为研究对象,对其进行营养成分的测定及评价。为明确不同饲养方式所得鸭蛋的营养差异、改善三穗麻鸭的

蛋品质、分析蛋制品形成机理提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

#### 1.1.1 材料与试剂

配合饲料喂养三穗单黄蛋、配合饲料喂养三穗双黄蛋、放牧养殖三穗土鸭蛋:产后2 d,购于贵州三穗;

市售鸭蛋:购于贵州贵阳;

无水乙醇、硫酸、还原茛三酮、氢氧化锂、二甲基亚砷、硫酸铁铵、氨水、焦性没食子酸、三氟化硼、乙醚:分析纯,天津市瑞金特化学品有限公司;

石油醚:分析纯,沸程 60 °C,济南联顺化工有限公司;

盐酸、冰乙酸、硝酸、高氯酸、铁氰化钾:优级纯,重庆川江化学试剂厂;

正庚烷:色谱纯,国药集团化学试剂有限公司;

混合氨基酸标准液:日本和光药业株式会社;

十一碳酸甘油三酯标准液、脂肪酸甲酯标准液:美国 Sigma-Aldrich 公司;

胆固醇标准物:济宁天之蓝生物科技有限公司;

标准样品(P、Ca、Cu、Fe、Mg、Mn、Zn、Se):国家标准物质中心。

#### 1.1.2 主要仪器设备

自动凯氏定氮仪:K9840 型,济南海能仪器有限公司;

氨基酸自动分析仪:L-8800 型,日本日立公司;

气相色谱仪:7890A 型,美国安捷伦科技有限公司;

电感耦合等离子体发射光谱仪:Prodigy XP High Dispersion ICP-OES 型,美国 TELEDYNE LEEMAN LABS 公司;

双道原子荧光光度计:AFS-2100 型,北京海光仪器有限公司。

### 1.2 方法

1.2.1 样品处理 将鸭蛋用清水洗净,晾干去壳,将4组样品分类搅拌,30个一组,蛋黄蛋白充分混匀,置于-20 °C冰箱备用。

1.2.2 水分的测定 按 GB/T 5009.3—2010 执行。

1.2.3 粗蛋白含量的测定 采用凯氏定氮法,按 GB/T 5009.5—2010 执行。

1.2.4 氨基酸组成及含量的测定 按 GB/T 5009.124—2003 执行。仪器进样时泵 1:压力 2~15 MPa,流速 0.4 mL/min,泵 2:压力 0.5~2.0 MPa,流速 0.35 mL/min。可检测的氨基酸种类:天冬氨酸(Asp)、苏氨酸(Thr)、丝氨酸(Ser)、谷氨酸(Glu)、甘氨酸(Gly)、丙氨酸(Ala)、半胱氨酸(Cys)、缬氨酸(Val)、蛋氨酸(Met)、异亮氨酸(Ile)、亮氨酸(Leu)、酪氨酸(Tyr)、苯丙氨酸(Phe)、赖氨酸(Lys)、组氨酸(His)、精氨酸(Arg)、脯氨酸(Pro)。

#### 1.2.5 氨基酸评价

(1) 氨基酸评分(Amino Acid Score, AAS):参照 Bano<sup>[7]</sup>的方法计算氨基酸评分。氨基酸的评分大于100,表明被测蛋白中该氨基酸的含量符合标准,蛋白质价值高;小于100,则相反。AAS可按式(1)计算:

$$AAS = \frac{A_x}{A_s} \times 100, \quad (1)$$

式中:

AAS——氨基酸评分;

$A_x$ ——待测样品每克蛋白质中某种必需氨基酸含量,mg/g;

$A_s$ ——FAO/WHO 模式蛋白中该氨基酸含量(见表1),mg/g。

表1 FAO/WHO 模式蛋白中氨基酸含量<sup>[7]</sup>

Table 1 The content of amino acid in model protein

mg/g						
Thr	Val	Met+Cys	Ile	Leu	Phe+Tyr	Lys
40	50	35	40	70	60	55

(2) 必需氨基酸指数(Essential Amino Acid Index, EAAI):参照 Bano<sup>[7]</sup>的方法计算。EAAI用来评价食品的蛋白质质量,不是某种单独的必需氨基酸,而是同时考虑样品蛋白质中所有必需氨基酸相对于标准鸡蛋蛋白中必需氨基酸的比率。EAAI按式(2)计算:

$$EAAI = \left( \frac{100A_x}{A_E} \times \frac{100B_x}{B_E} \times \dots \times \frac{100I_x}{I_E} \right)^{\frac{1}{n}}, \quad (2)$$

式中:

EAAI——必需氨基酸指数;

$n$ ——比较的必需氨基酸个数;

$A_x, B_x, \dots, I_x$ ——待测样品每克蛋白质中某种必需氨基酸含量,mg/g;

$A_E, B_E, \dots, I_E$ ——标准鸡蛋每克蛋白质中该种必需氨基酸含量,mg/g。

(3) 生物价(Biological Value, BV):参照 Oser<sup>[8]</sup>的方法计算。BV指食物中的蛋白质经过消化吸收后在体内被利用的氮量相对于被吸收氮量的比率,BV值越高,说明该种蛋白质经过吸收消化后的利用程度越高。BV按式(3)计算:

$$BV = 1.09 \times EAAI - 11.7, \quad (3)$$

式中:

BV——生物价;

EAAI——必需氨基酸指数。

(4) 营养指数(Nutrition Index, NI):参照 Crisan 等<sup>[9]</sup>的方法。NI评价食品蛋白质的营养价值更加全面、准确,可综合考虑食物蛋白质的含量及氨基酸的组成。NI按式(4)计算:

$$NI = \frac{EAAI \times PP}{100}, \quad (4)$$

式中:

NI——营养指数;

EAAI——必需氨基酸指数;

PP——样品蛋白质的百分含量,%。

1.2.6 粗脂肪含量的测定 采用索氏提取法,按 GB/T 5009.6—2003 执行。

1.2.7 脂肪酸组成及含量的测定 采用气相色谱法,按 GB/

T 22223—2008 执行。

1.2.8 脂肪酸评价 饱和脂肪酸是促进动脉粥样硬化的重要因素,它易与胆固醇形成酯并在动脉内膜沉积形成粥样斑块。通过对样品致动脉粥样硬化指数(AI)和致血栓指数(TI)的计算来评价脂肪酸,指数越高,致病可能性越大,计算公式<sup>[10]</sup>:

$$AI = \frac{X+Y+Z}{a+b+c}, \quad (5)$$

$$TI = \frac{Y+Z+W}{3a+0.5b+0.5c+a/b}, \quad (6)$$

式中:

AI——致动脉粥样硬化指数;

X——脂肪酸 C<sub>12:0</sub> 的含量, %;

Y——脂肪酸 C<sub>14:0</sub> 的含量, %;

Z——脂肪酸 C<sub>16:0</sub> 的含量, %;

W——脂肪酸 C<sub>18:0</sub> 的含量, %;

a—— $\omega$ -3 系列不饱和脂肪酸含量, %;

b—— $\omega$ -6 系列不饱和脂肪酸含量, %;

c——单不饱和脂肪酸含量, %;

TI——致血栓指数。

1.2.9 胆固醇含量的测定 按 GB/T 5009.128—2003 执行。

1.2.10 矿物质含量的测定

(1) 磷、钙、锌、镁、铁、铜、锰: 采用电感耦合等离子体发射光谱(ICP-OES)法<sup>[11]</sup>。

(2) 硒: 按 GB 5009.93—2010 执行。

### 1.3 数据处理与分析

试验结果均重复 3 次, 试验数据用平均数±标准差(Mean±SD)表示, 采用 SPSS 20.0 对数据进行分析。由于双黄蛋具有 2 个蛋黄, 不具有代表性, 故将单黄蛋和土鸭蛋的检测数据进行整理, 表示三穗麻鸭蛋。将三穗鸭蛋的测定结果与市售鸭蛋的结果进行比较, 并参考中国与美国的鸭蛋营养成分标准进行比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 水分、粗蛋白、粗脂肪、胆固醇及矿物质含量

4 种鸭蛋样品的基础营养物质含量测定结果见表 2。三穗麻鸭蛋的水分含量为 70.41%, Mg、Fe、Cu、Mn、Se 含量分别为 118.55, 23.92, 0.44, 0.97, 0.13 mg/kg, 均与市售鸭蛋存在显著性差异(P<0.05), 且其中 Se 具有抗癌作用, 中国居民膳食 Se 参考适宜摄入量成年人为 50  $\mu$ g/d, 每天食用 1 个 65 g 的三穗鸭蛋即可补充每日 10% 的 Se 所需量; 粗蛋白与粗脂肪含量分别为 11.97% 和 12.81%, 胆固醇含量为 498.55 mg/100 g, P、Ca、Zn 含量分别为 2 172.90, 514.20, 11.79 mg/kg, 与市售鸭蛋无显著性差异(P>0.05)。

3 种三穗鸭蛋样品之间比较, 双黄蛋的粗脂肪含量较高(在 14% 以上), 与另 2 种鸭蛋存在显著性差异(P<0.05), 因脂肪主要集中于蛋黄, 故双黄蛋的脂肪含量较高; 土鸭蛋的胆固醇含量最高, 单黄蛋的最低, 此 2 种鸭蛋之间的胆固醇

表 2 营养成分测定结果<sup>†</sup>

Table 2 The result of determination of nutrients

样品	水分/ %	粗蛋白/ %	粗脂肪/ %	胆固醇/ (10 <sup>-2</sup> mg · g <sup>-1</sup> )	P/ (mg · kg <sup>-1</sup> )	Ca/ (mg · kg <sup>-1</sup> )
市售鸭蛋	69.30±0.21 <sup>b</sup>	12.41±0.53 <sup>a</sup>	14.22±0.06 <sup>a</sup>	508.54±13.65 <sup>ab</sup>	2 307.05±253.27 <sup>a</sup>	518.73±3.42 <sup>b</sup>
单黄蛋	70.19±0.63 <sup>a</sup>	12.20±0.55 <sup>a</sup>	12.55±0.76 <sup>b</sup>	490.87±17.95 <sup>b</sup>	2 020.67±9.11 <sup>b</sup>	494.13±0.90
双黄蛋	70.57±0.75 <sup>a</sup>	12.07±0.27 <sup>a</sup>	14.29±0.21 <sup>a</sup>	500.48±16.42 <sup>b</sup>	2 371.97±53.95 <sup>a</sup>	543.67±4.06 <sup>a</sup>
土鸭蛋	70.63±0.02 <sup>a</sup>	11.75±0.20 <sup>a</sup>	13.07±0.67 <sup>b</sup>	519.93±1.70 <sup>a</sup>	2 325.13±19.57 <sup>a</sup>	514.20±6.22 <sup>b</sup>
三穗麻鸭蛋	70.41±0.47 <sup>a</sup>	11.97±0.45 <sup>a</sup>	12.81±0.70 <sup>b</sup>	498.55±16.81 <sup>ab</sup>	2 172.90±167.32 <sup>ab</sup>	504.17±11.69 <sup>bc</sup>
中国食物成分表 参考 <sup>[12]</sup>	70.3	12.6	13.0	565.0		620.0
美国农业部国家 标准参考 <sup>[13]</sup>	70.83	12.81	17.77	884.00	2 200.00	640.00
样品	Zn/ (mg · kg <sup>-1</sup> )	Mg/ (mg · kg <sup>-1</sup> )	Fe/ (mg · kg <sup>-1</sup> )	Cu/ (mg · kg <sup>-1</sup> )	Mn/ (mg · kg <sup>-1</sup> )	Se/ (mg · kg <sup>-1</sup> )
市售鸭蛋	11.92±0.47 <sup>b</sup>	36.56±0.38 <sup>d</sup>	3.04±0.07 <sup>c</sup>	0.21±0.03 <sup>c</sup>	0.29±0.03 <sup>b</sup>	0.28±0.08 <sup>a</sup>
单黄蛋	10.42±0.14 <sup>c</sup>	126.89±0.37 <sup>a</sup>	24.28±0.71 <sup>b</sup>	0.52±0.02 <sup>a</sup>	0.23±0.03 <sup>b</sup>	0.09±0.00 <sup>c</sup>
双黄蛋	12.47±0.10 <sup>a</sup>	113.71±2.57 <sup>b</sup>	28.90±1.10 <sup>a</sup>	0.54±0.05 <sup>a</sup>	0.26±0.01 <sup>b</sup>	0.12±0.01 <sup>bc</sup>
土鸭蛋	11.79±0.27 <sup>b</sup>	110.22±1.62 <sup>c</sup>	23.57±1.69 <sup>b</sup>	0.35±0.05 <sup>b</sup>	1.71±0.07 <sup>a</sup>	0.17±0.01 <sup>b</sup>
三穗麻鸭蛋	11.10±0.77 <sup>bc</sup>		23.92±1.23 <sup>b</sup>	0.44±0.10 <sup>ab</sup>	0.97±0.81 <sup>ab</sup>	0.13±0.05 <sup>bc</sup>
中国食物成分表 参考 <sup>[12]</sup>		118.55±9.19 <sup>b</sup>	29.0			
美国农业部国家 标准参考 <sup>[13]</sup>	14.10	170.00	38.50			

† 同列数据上标不同小写字母表示差异显著(P<0.05)。

含量存在显著性差异,但均低于中国和美国的参考标准。单黄蛋的Mg和Cu含量较为突出;双黄蛋的矿物质含量均较高,尤其是《中国居民营养与慢性病状况报告》<sup>[14]</sup>中提到中国人容易缺乏的Ca、Zn、Fe、Cu;土鸭蛋的Mn含量高达其他样品7倍,含量较高;总的来讲,矿物质含量丰度比较结果为双黄蛋>土鸭蛋>单黄蛋。

鸭蛋的营养成分差异受遗传因素决定,还与每日进食和环境条件、健康状态等有关,三穗麻鸭蛋多、蛋个头小,与产蛋相对较少、个头较大的市售鸭蛋相比,脂肪和P含量较低;蛋黄中胆固醇浓度与产蛋率呈负相关,土鸭的产蛋性能要低于圈养鸭,这也是土鸭蛋的胆固醇含量高于圈养三穗鸭蛋的原因;土鸭主要食用天然谷物与昆虫鱼虾等,圈养鸭则以食用配合饲料为主,进食对所产蛋的营养成分会影响;黔东南地区矿产资源丰富,三穗鸭生长环境地质中矿物质含量高<sup>[15]</sup>,可以解释三穗鸭蛋矿物质含量高的特点。

2.2 氨基酸组成、含量与评价

上述试验中,4个样品的粗蛋白含量无显著性差异,因

此对样品进行氨基酸组成及其含量的测定,并对必需氨基酸进行评价。鸭蛋样品的氨基酸组分及其含量见表3,AAS评分见图1,EAAI、BV和NI指数结果见图2。三穗麻鸭蛋与市售鸭蛋均含有17种氨基酸,三穗麻鸭蛋中,最丰富的必需氨基酸是Phe+Tyr,含量为1.43 g/100 g,与市售鸭蛋和美国参考标准无显著性差异;且三穗鸭蛋氨基酸含量(Glu除外),均与市售鸭蛋无显著性差异。三穗鸭蛋的Thr、Val与Met+Cys 3组必需氨基酸评分均大于市售鸭蛋,其他4组氨基酸评分以及EAAI、BV与NI指数均差别不大。由此可知,三穗鸭蛋中的蛋白质为完全蛋白质,含有人体必需的氨基酸,种类齐全,数量充足,组成比例亦较为合适,能维持人的生命健康,促进儿童的生长发育,且三穗鸭蛋的必需氨基酸价值要高于市售鸭蛋。

土鸭蛋的6组AAS指数(除Met+Cys)、EAAI和BV均高于2种圈养蛋,NI无明显差异,说明土鸭蛋比圈养鸭蛋的蛋白质营养更接近于FAO/WHO氨基酸人体模式,具有较高的营养价值,更能满足人体对氨基酸的需求。

表3 氨基酸组成及其含量<sup>†</sup>

Table 3 The composition and contents of amino acids

g/100 g

样品	必需氨基酸							
	Thr	Val	Met+Cys	Ile	Leu	Phe+Tyr	Lys	His
市售鸭蛋	0.77±0.04 <sup>a</sup>	0.79±0.03 <sup>a</sup>	0.57±0.02 <sup>a</sup>	0.61±0.05 <sup>a</sup>	1.17±0.05 <sup>a</sup>	1.481±0.05 <sup>a</sup>	1.00±0.04 <sup>a</sup>	0.34±0.05 <sup>a</sup>
单黄蛋	0.76±0.04 <sup>a</sup>	0.78±0.04 <sup>a</sup>	0.69±0.02 <sup>a</sup>	0.57±0.04 <sup>a</sup>	1.11±0.04 <sup>a</sup>	1.430±0.08 <sup>a</sup>	0.94±0.04 <sup>a</sup>	0.30±0.04 <sup>a</sup>
双黄蛋	0.74±0.05 <sup>a</sup>	0.75±0.05 <sup>a</sup>	0.61±0.03 <sup>a</sup>	0.58±0.05 <sup>a</sup>	1.11±0.05 <sup>a</sup>	1.350±0.10 <sup>a</sup>	0.95±0.05 <sup>a</sup>	0.31±0.04 <sup>a</sup>
土鸭蛋	0.78±0.03 <sup>a</sup>	0.79±0.03 <sup>a</sup>	0.69±0.02 <sup>a</sup>	0.60±0.03 <sup>a</sup>	1.14±0.03 <sup>a</sup>	1.420±0.06 <sup>a</sup>	0.98±0.03 <sup>a</sup>	0.33±0.02 <sup>a</sup>
三穗麻鸭蛋	0.77±0.40 <sup>a</sup>	0.78±0.03 <sup>a</sup>	0.69±0.08 <sup>a</sup>	0.58±0.03 <sup>a</sup>	1.13±0.03 <sup>a</sup>	1.430±0.06 <sup>a</sup>	0.96±0.04 <sup>a</sup>	0.31±0.03 <sup>a</sup>
美国农业部国家 标准参考 <sup>[13]</sup>	0.74	0.89	0.86	0.60	1.10	1.45	0.95	0.32

样品	非必需氨基酸							总氨基酸
	Asp	Ser	Glu	Gly	Ala	Arg	Pro	
市售鸭蛋	1.07±0.05 <sup>a</sup>	1.83±0.04 <sup>b</sup>	0.45±0.05 <sup>a</sup>	0.66±0.05 <sup>a</sup>	0.79±0.04 <sup>a</sup>	0.54±0.04 <sup>a</sup>	13.31±0.07 <sup>a</sup>	13.31±0.07 <sup>a</sup>
单黄蛋	1.27±0.04 <sup>a</sup>	0.99±0.04 <sup>a</sup>	1.90±0.04 <sup>ab</sup>	0.44±0.04 <sup>a</sup>	0.63±0.04 <sup>a</sup>	0.69±0.04 <sup>b</sup>	0.36±0.04 <sup>c</sup>	12.87±0.04 <sup>bc</sup>
双黄蛋	1.27±0.05 <sup>a</sup>	1.00±0.05 <sup>a</sup>	1.84±0.05 <sup>b</sup>	0.43±0.05 <sup>a</sup>	0.63±0.05 <sup>a</sup>	0.74±0.05 <sup>ab</sup>	0.47±0.05 <sup>ab</sup>	12.78±0.05 <sup>c</sup>
土鸭蛋	1.34±0.03 <sup>a</sup>	1.02±0.03 <sup>a</sup>	1.93±0.03 <sup>a</sup>	0.46±0.03 <sup>a</sup>	0.66±0.03 <sup>a</sup>	0.75±0.03 <sup>a</sup>	0.47±0.03 <sup>a</sup>	13.05±0.01 <sup>a</sup>
三穗麻鸭蛋	1.30±0.05 <sup>a</sup>	1.00±0.03 <sup>a</sup>	1.92±0.03 <sup>a</sup>	0.45±0.03 <sup>a</sup>	0.64±0.03 <sup>a</sup>	0.72±0.04 <sup>ab</sup>	0.41±0.06 <sup>a</sup>	12.96±0.10 <sup>ab</sup>
美国农业部国家 标准参考 <sup>[13]</sup>	0.78	0.96	1.79	0.42	0.63	0.77	0.48	12.73

† 同列数据上标不同小写字母表示差异显著(P<0.05)。

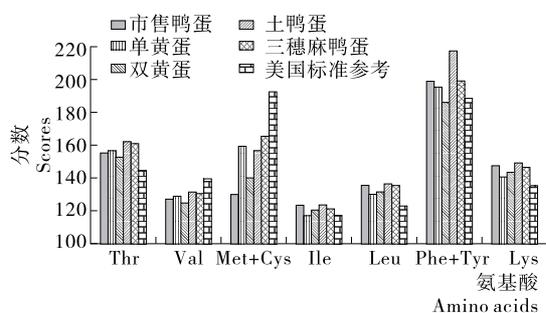


图1 氨基酸评分(AAS)结果  
Figure 1 The result of AAS

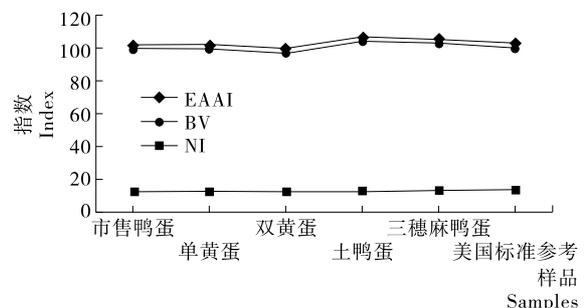


图2 必需氨基酸指数、生物价和营养指数  
Figure 2 EAAI, BV, NI

2.3 脂肪酸组成、含量及其评价

脂肪酸标准物以及样品脂肪酸的色谱图见图 3~7, 脂肪酸含量和相关评价见表 4。三穗鸭蛋中检出 9 种脂肪酸, 比市售鸭蛋多 1 种多不饱和脂肪酸——DHA, DHA 属  $\omega$ -3 系列不饱和脂肪酸, 此系列脂肪酸具有抗凝血、降血压、降血脂、提高免疫力、抗肿瘤等作用, 同时也是大脑及中枢神经系统的结构成分, 具有重要的生理功能<sup>[16]</sup>。含量较高的均为饱和棕榈酸(C<sub>16:0</sub>)和油酸(C<sub>18:1 $\omega$ -9</sub>)；三穗鸭蛋中 SFA、MUFA 与 PUFA 的比值为 3.0 : 6.0 : 1.0, 不饱和脂肪酸含量是全部脂肪酸含量的 70%；而市售鸭蛋的比值为 3.3 : 5.7 : 1.0, UFA 含量比三穗鸭蛋低 3%；AI、TI 指数分别为 0.36 和 0.79, 数值均小于市售鸭蛋, 且

存在显著性差异, 诱发动脉粥样硬化和血栓的几率较小。

单黄蛋检出 7 种脂肪酸, 双黄蛋 10 种, 土鸭蛋 9 种。双黄蛋各项指标均最高；单黄蛋的大多指标均最低, 除了 PUFA 含量高于土鸭蛋；土鸭蛋中检测到 DHA 的存在, 但其他 2 种鸭蛋没有。单黄蛋、双黄蛋与土鸭蛋的 SFA、MUFA 和 PUFA 比值分别为 3.0 : 6.0 : 1.0, 3.3 : 5.4 : 1.3, 3.1 : 6.0 : 0.9, 说明双黄蛋的 SFA 和 PUFA 占比最高, MUFA 占比最低；土鸭蛋与单黄鸭蛋的 MUFA 占比并列第一。双黄蛋的 AI、TI 指数均最高, 说明虽然双黄蛋的 PUFA 含量较高, 也不能弥补 SFA 含量高的缺陷, 但与肉制品或海产品相比, 鸭蛋具有较低的 AI、TI 指数<sup>[17]</sup>。

表 4 脂肪酸组成、含量和评价<sup>†</sup>

Table 4 The composition, contents and evaluation of fatty acid

样品	C <sub>14:0</sub> /%	C <sub>16:0</sub> /%	C <sub>16:1<math>\omega</math>-9</sub> /%	C <sub>17:0</sub> /%	C <sub>18:0</sub> /%	C <sub>18:1<math>\omega</math>-9</sub> /%	C <sub>18:2</sub> /%	C <sub>18:3</sub> /%	C <sub>20:1</sub> /%
市售鸭蛋	0.07 <sup>a</sup>	3.45 <sup>a</sup>	0.32 <sup>a</sup>	—	0.86 <sup>a</sup>	7.59 <sup>a</sup>	1.34 <sup>b</sup>	0.07 <sup>a</sup>	—
单黄蛋	—	2.18 <sup>b</sup>	0.21 <sup>b</sup>	—	0.44 <sup>b</sup>	5.14 <sup>b</sup>	0.92 <sup>c</sup>	—	—
双黄蛋	0.07 <sup>a</sup>	3.47 <sup>a</sup>	0.32 <sup>a</sup>	0.06	0.72 <sup>a</sup>	7.16 <sup>a</sup>	1.72 <sup>a</sup>	0.08 <sup>c</sup>	0.06
土鸭蛋	0.05 <sup>b</sup>	2.33 <sup>b</sup>	0.32 <sup>a</sup>	—	0.46 <sup>b</sup>	5.32 <sup>b</sup>	0.75 <sup>c</sup>	0.07 <sup>c</sup>	—
三穗麻鸭蛋	0.03 <sup>c</sup>	2.26 <sup>b</sup>	0.27 <sup>ab</sup>	—	0.45 <sup>b</sup>	5.23 <sup>b</sup>	0.83 <sup>c</sup>	0.04 <sup>b</sup>	—

样品	C <sub>22:6</sub> /%	C <sub>23:0</sub> /%	总脂肪酸/%	SFA/%	MUFA/%	PUFA/%	AI	TI
市售鸭蛋	—	0.25 <sup>a</sup>	13.94 <sup>a</sup>	4.63 <sup>a</sup>	7.91 <sup>a</sup>	1.40 <sup>b</sup>	0.38 <sup>a</sup>	0.38 <sup>a</sup>
单黄蛋	—	0.10 <sup>b</sup>	8.99 <sup>b</sup>	2.72 <sup>b</sup>	5.35 <sup>b</sup>	0.92 <sup>c</sup>	0.35 <sup>b</sup>	0.84 <sup>b</sup>
双黄蛋	—	0.20 <sup>a</sup>	13.86 <sup>a</sup>	4.58 <sup>a</sup>	7.54 <sup>a</sup>	1.80 <sup>a</sup>	0.38 <sup>a</sup>	0.87 <sup>a</sup>
土鸭蛋	0.06	0.08 <sup>b</sup>	9.46 <sup>b</sup>	2.92 <sup>b</sup>	5.65 <sup>b</sup>	0.89 <sup>c</sup>	0.36 <sup>b</sup>	0.75 <sup>c</sup>
三穗麻鸭蛋	0.03	0.09 <sup>b</sup>	9.22 <sup>b</sup>	2.82 <sup>b</sup>	5.50 <sup>b</sup>	0.90 <sup>c</sup>	0.36 <sup>b</sup>	0.79 <sup>c</sup>

† 以上数据标准差均小于 0.01, 故未标注；“—”为未检出；同列数据上标不同小写字母表示差异显著(P<0.05)。

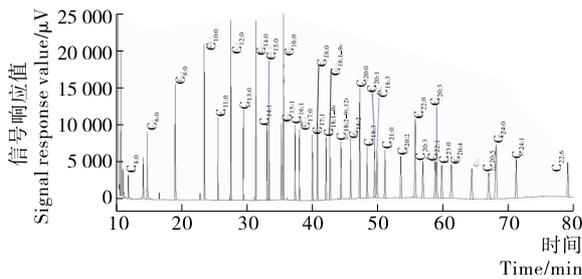


图 3 脂肪酸标准物色谱图

Figure 3 The chromatogram map of standard substance of fatty acid

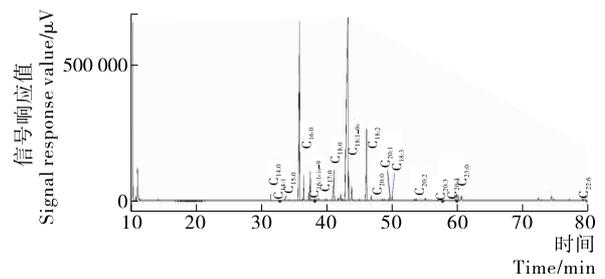


图 5 单黄蛋脂肪酸色谱图

Figure 5 The chromatogram map of fatty acid of single yolked eggs

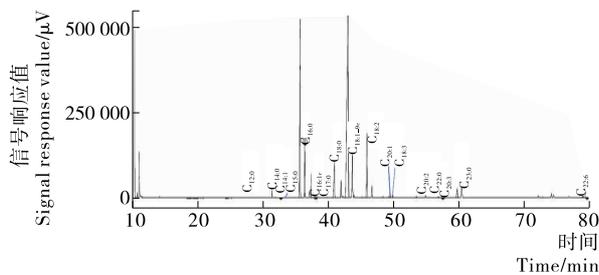


图 4 市售鸭蛋脂肪酸色谱图

Figure 4 The chromatogram map of fatty acid of commercially available duck eggs

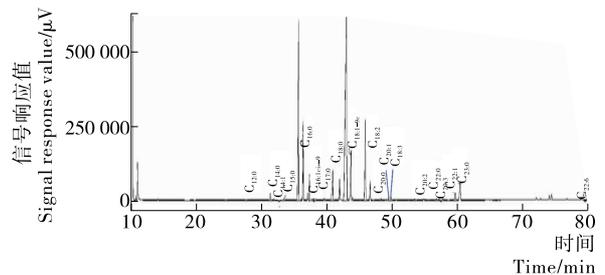


图 6 双黄蛋脂肪酸色谱图

Figure 6 The chromatogram map of fatty acid of double yolked eggs

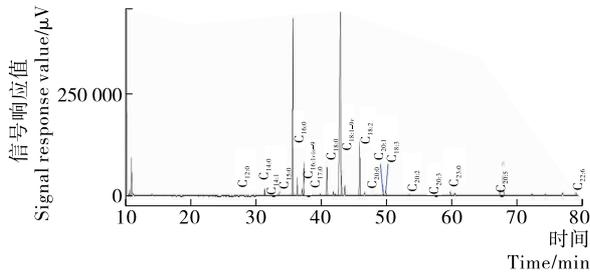


图7 土鸭蛋脂肪酸色谱图

Figure 7 The chromatogram map of fatty acid of native duck eggs

### 3 结论

与市售鸭蛋相比,三穗特色麻鸭蛋富含 Ca、Zn、Mg、Fe、Cu、Mn 多种矿物质,脂肪酸组成更贴近人体所需。除此之外,三穗鸭蛋营养丰富,粗蛋白含量 11.97%,为完全蛋白质,含有人体需要的各种必需氨基酸,氨基酸评分均高于 100,蛋白质价值高,必需氨基酸指数、生物价高于 100,必需氨基酸数量充足,比例协调。粗脂肪含量为 12.81%,饱和脂肪酸与不饱和脂肪酸比例利于人体健康,含有必需脂肪酸且胆固醇含量低,不容易导致动脉粥样硬化与血栓的形成。针对三穗麻鸭蛋营养成分的特点,可开发不同类型的加工产品,如蛋黄粉、蛋白质脂肪酸复合保健品以及宠物食品等,彰显了三穗鸭蛋营养均衡且矿物质含量高、脂肪酸组成佳的优势。

单黄蛋、双黄蛋与土鸭蛋三者相比,双黄蛋具有脂肪、矿物质、不饱和脂肪酸含量高的特点;土鸭蛋具有胆固醇和 Mn 等矿物质含量高、蛋白质营养价值高以及脂肪酸比例更健康的特点;单黄蛋各项指标均不突出。故针对不同的营养需求或加工要求,可以对不同饲养模式和蛋黄个数的鸭蛋进行合理科学的选择。但导致土鸭蛋与饲养鸭蛋、双黄蛋与单黄蛋营养成分差异的原因需进一步研究。

#### 参考文献

[1] 杨月. 发酵鸭肉香肠的研制[J]. 肉类研究, 2010(7): 24-27.  
 [2] KASSIS N M, BEAMER S K, MATAK K E, et al. Nutritional composition of novel nutraceutical egg products developed with omega-3-rich oils[J]. LWT-Food Science and Technology, 2010, 43(8): 1 204-1 212.  
 [3] 王旭平, 杨胜林, 陆曼, 等. 斑嘴野鸭蛋品质及营养成分分析[J]. 基因组学与应用生物学, 2017, 36(3): 882-888.  
 [4] 周有祥, 夏虹, 彭茂民, 等. 鲜鸭蛋及其制品的营养成分初步分析[J]. 湖北农业科学, 2009, 48(10): 2 553-2 556.  
 [5] 汤庆莉, 张勇, 王娜, 等. 贵州省麻鸭蛋的成分分析及营养评价[J]. 食品科学, 2011, 32(S1): 36-38.  
 [6] 韩鹏, 徐廷生, 雷雪芹, 等. 缠丝鸭蛋品质及营养成分测定[J]. 中国畜牧兽医, 2013, 40(7): 192-194.  
 [7] BANO I, RAJARATHRAM S. In the tropical mushroom biological nature and cultivation methods[M]. Hong Kong: The Chinese University Press, 1982: 363-380.  
 [8] OSER B L. Method for integrating essential amino acid content

in the nutritional evaluation of protein[J]. J Am Diet Assoc, 1951, 27: 396-402.  
 [9] CRISAN E V, SANDS A. Nutritional value: the biology and cultivation of edible mushrooms[M]. New York: Academic Press, 1959: 281-295.  
 [10] ULBRICHT T L, SOUTHGATE D A. Coronary heart disease: seven dietary factors[J]. Lancet, 1991, 338: 985-992.  
 [11] 杨利, 马勇, 王长祥, 等. 鸭蛋及其制品矿物质元素测定与营养质量安全分析[C]//第七届中国蛋品科技大会论文集. 北京: 中国畜牧兽医学会, 2006: 58-63.  
 [12] 王光亚. 中国食物成分表[M]. 北京: 北京大学医学出版社, 2009: 141.  
 [13] United States Department of Agriculture. National nutrient database for standard reference release 28 basic report: 01138, Egg, duck, whole, fresh, raw[EB/OL]. (2017-09-02)[2017-09-18]. <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/127?fgcd=&manu=&lfacet=&format=&count=&max=50&offset=&sort=default&order=asc&qlookup=01138&ds=&qt=&qp=&qa=&qn=&q=ing=>.  
 [14] 顾景范. 《中国居民营养与慢性病状况报告(2015)》解读[J]. 营养学报, 2016(6): 525-529.  
 [15] 覃英, 王佳武, 李代平, 等. 黔东南地区南华纪锰矿地质地球化学特征[J]. 地质与勘探, 2013(6): 1 060-1 069.  
 [16] CALDER P C, YAQOOB P. Omega-3 polyunsaturated fatty acids and human health outcomes[J]. Biofactors, 2009, 35(3): 266-272.  
 [17] VACCA G M, CARCANGIU V, DETTORI M L, et al. Productive performance and meat quality of Mouflon×Sarda and Sarda×Sarda suckling lambs[J]. Meat Sci, 2008, 80: 326-334.

(上接第 54 页)

[2] 朱立军, 施丰成, 戴亚. 国内外卷烟中多元酸和高级脂肪酸含量的差异分析[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2010, 36(2): 160-164.  
 [3] 吴键, 潘存宽, 王修铭, 等. 国内外卷烟多元酸和高级脂肪酸的分析研究[J]. 安徽农学通报, 2009, 15(18): 24-26.  
 [4] 刘百战, 徐亮, 胡便霞, 等. 卷烟中非挥发性有机酸及某些高级脂肪酸的分析[J]. 烟草科技, 2000(1): 25-27.  
 [5] 陈章玉, 罗莉丽, 武怡, 等. 烟气中有机酸的分析[J]. 色谱, 2001, 19(4): 374-377.  
 [6] 丁仁君, 夏延斌. 葡萄酒中的有机酸及检测方法研究进展[J]. 食品与机械, 2014, 30(1): 243-247.  
 [7] 杨志乔, 虞爱旭, 候镜德, 等. 气相色谱法-质谱联用法分析烟丝中有机酸成分[J]. 分析测试技术与仪器, 2003, 9(1): 38-42.  
 [8] 王冰, 夏巧玲, 郭吉兆, 等. 两种衍生化方法对烟草中多元酸和高级脂肪酸测定的影响[J]. 烟草科技, 2012(12): 56-59.  
 [9] 龙章德, 林顺顺, 田兆福, 等. 基于电子鼻分析的原料烟叶鉴别分析[J]. 食品与机械, 2013, 29(4): 35-39.  
 [10] 龙章德, 田兆福, 李小兰, 等. 烟草多酚类化合物对卷烟品质的影响研究[J]. 食品与机械, 2013, 29(6): 41-44.