

不同品种禽蛋中胆碱含量测定与分析研究

冯 炜, 于艳艳, 田洪芸, 程月红, 张廷文, 厉玉婷, 李 静, 任雪梅, 鲍连艳*

(山东省食品药品检验研究院, 济南 250101)

摘 要: **目的** 建立酶比色法测定禽蛋中胆碱含量的分析方法。**方法** 在 GB 5413.20-2013《食品安全国家标准 婴幼儿食品和乳品中胆碱的测定》方法的基础上对检验条件(称样量、水解时间)进行优化。并比较分析不同品种禽蛋全蛋和蛋黄中胆碱含量水平和差异。**结果** 称样量和水解时间优化结果为: 全蛋和蛋黄称样量分别为 1.0~2.0 g、0.5~1.0 g, 水解时间为 4 h。胆碱氢氧化物在 50~250 $\mu\text{g/mL}$ 浓度范围内线性良好($r=1$), 样品精密密度相对标准偏差 2.17%; 样品加标回收率为 94.0%~101.2%, 相对标准偏差为 1.86%~5.13%。蛋黄与全蛋中胆碱含量呈显著正相关($r=0.499$, $P<0.01$)。鸡蛋、鸭蛋、鹅蛋、鹌鹑蛋中胆碱含量(蛋黄)有显著差异($P<0.05$), 鹅蛋、鹌鹑蛋中含量高, 其次为鸭蛋、鸡蛋, 其蛋黄中胆碱含量均值分别为 1222.5、1277.9、1345.1、1340.8 mg/100 g。土鸡蛋、乌鸡蛋中胆碱含量(蛋黄、全蛋)显著高于普通鸡蛋($P<0.05$)。乌鸡蛋与土鸡蛋蛋黄、全蛋胆碱含量均无显著差异($P>0.05$)。咸鸭蛋中胆碱含量明显高于生鸭蛋, 蛋黄中含量均值分别为 1181.8、1406.0 mg/100 g, 且差异具有统计学意义($P<0.001$)。**结论** 本研究建立了禽蛋类胆碱提取测定方法-酶比色法, 并探讨了不同品种禽蛋营养价值, 为消费者合理选择不同品种禽蛋提供参考。

关键词: 鸡蛋; 鸭蛋; 鹅蛋; 鹌鹑蛋; 酶比色法; 胆碱; t 检验

Determination and analysis of choline in different varieties of eggs

FENG Wei, YU Yan-Yan, TIAN Hong-Yun, CHENG Yue-Hong, ZHANG Ting-Wen, LI Yu-Ting,
LI Jing, REN Xue-Mei, BAO Lian-Yan*

(Shandong Institute of Food and Drug Control, Jinan 250101, China)

ABSTRACT: Objective To establish a method for the determination of choline in poultry eggs by enzyme colorimetric method. **Methods** On the basis of GB 5413.20-2013 *Determination of choline in food safety national standard infant food and dairy products*, the test conditions (sample size and hydrolysis time) were optimized. and the contents and differences of choline in whole eggs and egg yolks of different varieties of poultry were compared and analyzed. **Results** The optimized results of symmetrical sample size and hydrolysis time were expressed as follows: the weight sample sizes of whole egg and yolk were 1.0~2.0 g and 0.5~1.0 g respectively, and the hydrolysis time was 4 h. Choline hydroxide had good linear relationships in the range of 50~250 $\mu\text{g/mL}$ ($r=1$). The relative standard deviation of precision of sample was 2.17%. The standard recovery rates were 94.0%~101.2%, and the relative standard deviations were 1.86%~5.13%. The contents of choline in egg yolk and whole egg were positively correlated ($r=0.499$, $P<0.01$). There were significant differences in the content of choline (yolk) in eggs, duck eggs, goose eggs and quail eggs ($P<0.05$). The contents of choline in goose eggs and quail eggs were higher, followed by duck eggs and eggs. The mean contents of choline in egg yolk were 1222.5, 1277.9, 1345.1 and 1340.8 mg/100g, respectively.

*通讯作者: 鲍连艳, 高级工程师, 主要研究方向为食品检验与质量控制。E-mail: 280286057@qq.com

*Corresponding author: BAO Lian-Yan, Senior Engineer, Shandong Institute for Food and Drug Control, Jinan 250102, China. E-mail: 280286057@qq.com

The contents of choline in native and black eggs (yolk and whole eggs) were significantly higher than those in ordinary eggs ($P<0.05$). There was no significant difference in the contents of choline between black eggs and native eggs ($P>0.05$). The content of choline in salted duck eggs was significantly higher than that in raw duck eggs, and the mean contents of choline in yolk were 1181.8 and 1406.0 mg/100 g respectively, with statistically significant differences ($P<0.001$). **Conclusion** This study establishes an enzyme colorimetric method of extraction and determination of choline in poultry eggs, and discusses the nutritional value of different varieties of poultry eggs, so as to provide references for consumers to rationally select different varieties of poultry eggs.

KEY WORDS: eggs; duck eggs; goose eggs; quail eggs; enzyme colorimetry; choline; t test

1 引言

禽蛋主要有鸡蛋、鸭蛋、鹅蛋、鸽蛋、鹌鹑蛋、鸵鸟蛋、火鸡蛋等^[1-3],我国已成为全球最大禽蛋生产国,人均占有量居世界第二,仅次于日本^[4-6]。禽蛋是人们日常饮食中的重要部分,也是“人类最理想的营养库”^[7]。《中国居民膳食指南》(2016)指出经常吃适量的蛋类物质,每日食用量 40~50 g。

胆碱是人体的必需营养物质,广泛存在于动植物体内,在生物体内可合成,但不同生物合成胆碱的能力差异很大。研究证实,胆碱在胎儿或出生后早期婴儿有高效的神经营养作用和重要的生物功能^[8,9],胆碱摄入量与老年人非文字记忆和视觉记忆呈正相关。人体自身可以合成胆碱,成年人可以从膳食中摄取^[10],而婴幼儿的食物摄入较为单一,补充胆碱类物质对婴儿的大脑发育非常重要,胆碱缺乏可能会导致记忆力损伤、免疫力降低、肾脏受损及引起心脑血管疾病^[11,12]。联合国标准中已将胆碱列为婴儿配方食品中添加的必需成分^[13]。1998 年,胆碱首次被美国食物与营养委员会(Food and Nutrition Board, FNB)列入人类必需营养素而修订了其推荐量^[14]。食物中禽蛋的胆碱含量较高,主要存在蛋黄,蛋清不含胆碱。蛋黄含有胆碱、卵磷脂及多种微量元素,蛋黄是除母乳外的重要营养食物,蛋黄有“第一辅食”之称。因此禽蛋中胆碱含量的检测分析对于了解禽蛋的营养组成意义重大。

近年来,胆碱的检测方法有酶比色法^[15]、雷氏盐比色法^[16]、离子色谱法^[17-20]、高效液相色谱法离子色谱法^[21,22]和液相色谱-质谱联用法等^[23,24]。现行的国标酶比色法结果准确度高、重现性好,但仅适用于婴幼儿食品和乳品中胆碱的测定。本研究在国标酶比色法改进的基础上对不同品种禽蛋的蛋黄和全蛋中胆碱含量进行调查研究,旨在为禽蛋的合理利用提供参考、为特定人群提供科学的膳食营养建议。

2 材料与方法

2.1 仪器、试剂与材料

普通鸡蛋、土鸡蛋、乌鸡蛋、鸭蛋、鹅蛋、鹌鹑蛋、

咸鸭蛋样品 150 批次,购自济南市超市和农贸市场。

MettlerAL204 电子天平(0.1 mg, 瑞士梅特勒公司); UV-2700 紫外可见分光光度计(日本岛津公司); S210 酸度计(梅特勒/托利多仪器(上海)有限公司); MS3 basic 漩涡混合器(德国 IKA 公司); SHA-B 水浴恒温振荡器(金坛市医疗仪器厂)。

浓盐酸(分析纯, 太仓沪试试剂有限公司); 氢氧化钠(分析纯, 上海沃凯生物技术有限公司); 胆碱酒石酸氢盐标准品($C_9H_{19}NO_7$, $\geq 98.0\%$, 上海安谱科学仪器有限公司); 三羟甲基氨基甲烷(T1503-500 g)、苯酚(P5566-100 g)、4-氨基安替比林(A4382-25 g)、胆碱氧化酶(C5896-100UN)、磷脂酶 D(P8398-2.5KU)、过氧化物酶(L2005-25 mg)(美国 Sigma 公司)。

2.2 实验方法

2.2.1 标准品及标准溶液配制

(1) 标准储备液配制

胆碱氢氧化物标准溶液: 称取在 $102\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 烘至恒重的胆碱酒石酸氢盐 523 mg 配制 2.5 mg/mL 标准储备液, 于 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 保存。

(2) 标准工作溶液配制

临时使用时移取上述标准储备液配制 10 mL 用蒸馏水稀释至 100 mL 配制成 250 $\mu\text{g/mL}$ 胆碱酒石酸氢盐标准稀释溶液。

2.2.2 试剂配制

0.05 mol/L Tris 缓冲溶液: 称取 6.057 g 三羟甲基氨基甲烷溶于 500 mL 蒸馏水中, 用 1 mol/L 盐酸调 pH 至 8.0 ± 0.2 , 用蒸馏水定容至 1000 mL。可置于 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冰箱保存一个月。

显色剂: 分别取胆碱氧化酶(C5896-100UN)1 瓶、2 mg 过氧化物酶(L2005-25 mg)、1 mg 磷脂酶 D(P8398-2.5 kU)、15 mg 4-氨基安替比林, 50 mg 苯酚置于 100 mL 的棕色容量瓶中, 用 0.05 mol/L Tris 缓冲溶液稀释至刻度, 临时使用时配制。

2.2.3 样品前处理

准确称取混合均匀的蛋黄 0.5~1.0 g, 全蛋 1.0~2.0 g 于 50 mL 离心管中, 加盐 30 mL 酸溶液(1 mol/L), 漩涡振

振荡匀 1 min, 将装有试样的离心管放入 70 °C 振荡水浴中, 振荡水解 4 h 后, 冷却。用氢氧化钠溶液(500 g/L)调 pH 为 3.5~4.0, 用蒸馏水定容至刻度。过滤水解液, 备用。

2.2.4 显色反应及比色测定

分别吸取 2、4、6、8 mL 胆碱氢氧化物标准工作液于 10 mL 的容量瓶中, 用蒸馏水稀释至刻度, 混匀相当于胆碱含量分别为 50、100、150、200 μg/mL。分别吸取 100 μL 上述稀释溶液和标准工作液(250 μg/mL)置于比色管中, 吸取 100 μL 试样置于比色管中, 同时吸取 100 μL 蒸馏水, 用做试剂空白。加入 3 mL 显色剂, 混匀, 置于 37 °C 水浴中保温反应 15 min。将试样及标准系列溶液中取出, 冷却至室温。在波长 505 nm 处, 用 1 cm 比色皿, 用蒸馏水作空白, 测定吸光值。以胆碱标准溶液的浓度为横坐标, 以标准溶液的吸光值减去试剂空白的吸光值为纵坐标, 制作标准曲线, 计算结果保留整数位。

$$\text{按式(1)计算公式 } X = \frac{c \times V \times 100}{m \times 1000}$$

式中: X 为试样中的胆碱氢氧化物含量, mg/100 g;

c 为自标准曲线上查得的胆碱氢氧化物的浓度, μg/mL;

V 为水解液被稀释的体积(为 50 mL), mL;

m 为试样的质量, g;

1000 为换算系数。

2.3 统计分析

采用 SPSS 17.0 软件进行统计描述和分析。探索变量间有无相关关系采用 Pearson 相关分析。不同蛋类胆碱含量对比采用 2 个独立样本 t 检验。检验水准 α 设为 0.05、0.01、0.0013 个水平, 作为差异是否具有统计学意义的判断标准。

3 结果与分析

3.1 对国标方法的改进

3.1.1 称样量的选择

本研究针对普通鸡蛋的蛋黄和全蛋样品, 通过 6 次重复实验考察了称样量不同对样品中胆碱含量的影响(如图 1 所示)。由图 1 可知, 当蛋黄的称样量在 0.5~1.0 g 范围内, 所测胆碱含量较高。当称样量超过 1.0 g 时, 由于蛋黄中胆碱含量高, 称样量增大导致样品水解不完全, 所测结果逐渐降低, 因此蛋黄的称样量选择在 0.5~1.0 g。与蛋黄不同, 全蛋中胆碱含量随称样量不同呈现先升高后下降的趋势。当称样量低于 1.0 g 时, 由于全蛋中蛋清的比例较高, 而蛋清不含胆碱, 因所测样品胆碱含量较低而导致结果准确度偏低。当称样量超过 2.0 g 时样品水解不完全。因此全蛋的称样量选择在 1.0~2.0 g。

3.1.2 水解时间对胆碱含量的影响

称取鸡蛋黄选取水解不同时间间隔, 对结果进行比

较, 实验结果(见图 2)表明水解时间 4 h 后含量达到稳定值, 国标法中水解时间为 3 h, 蛋黄水解时间不足, 其测定结果偏低, 影响测定结果准确性。

3.2 标准曲线、线性范围

根据所配制系列质量浓度的胆碱氢氧化物标准品在 505 nm 波长处测得的吸光值, 绘制标准曲线, 浓度在 50~250 μg/mL 浓度范围内, 曲线方程为 $Y=0.0032X-0.0055$, 相关系数 $r=1$ 。见图 3 所示。

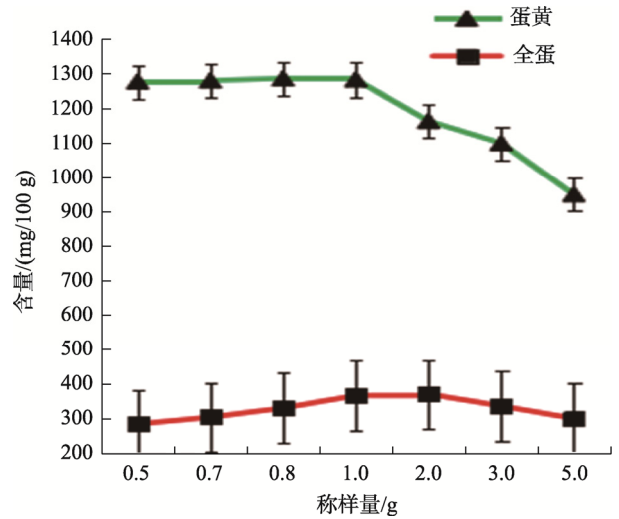


图 1 不同称样量胆碱含量对比图($n=6$)

Fig.1 Comparison chart of choline contents in different samples ($n=6$)

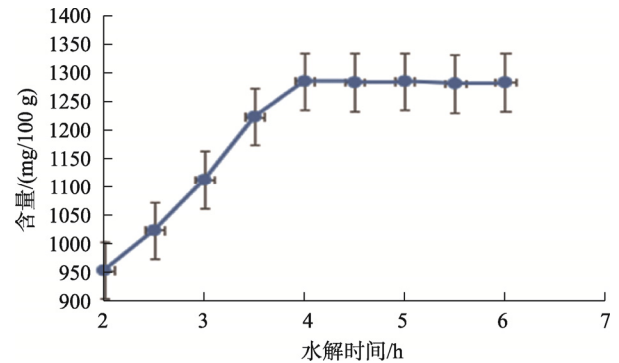


图 2 不同水解时间胆碱含量对比图($n=6$)

Fig.2 Comparison chart of choline content in different hydrolysis time ($n=6$)

3.3 精密度

选取鸡蛋蛋黄为测定对象平行测定 20 次, 检测结果按从小到大顺序排列见表 1。

由表 1 所示, 本方法相对标准偏差为 2.17%, 远小于 7.5%, 符合 GB/T 27417-2017《合格评定 化学分析方法确认和验证指南》对实验室内变异系数的要求^[25]。最大相对偏差为 7.1%, 符合国标方法 GB 5413.20-2013 的精密度要求(8%)。

3.4 回收率

采用本文考察的方法,以鸡蛋蛋黄为加标样品,进行加标回收实验。选取 2 个加标水平: 2.5、5.0 胆碱标准物质,每个加标水平平行测定 3 次,计算回收率,结果见表 2。均满足 GB/T 27404-2008《实验室质量控制规范 食品理化检测》^[26]对回收率范围的要求。

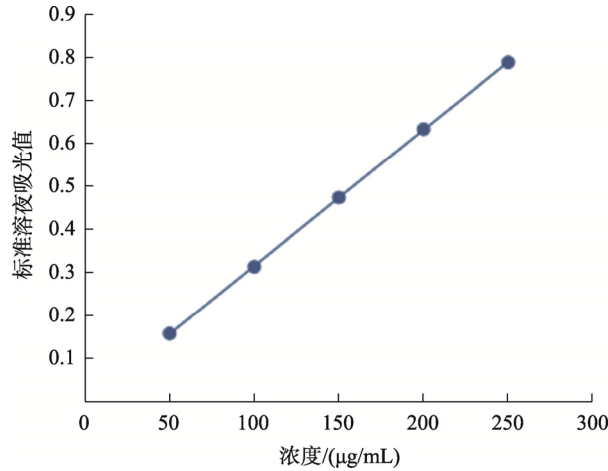


图 3 标准曲线
Fig.3 The standard curve

表 1 精密度实验结果($n=20$)
Table 1 Precision experimental results ($n=20$)

序号	测定结果 /(mg/100 g)	序号	测定结果 /(mg/100 g)
1	1121	11	1151
2	1123	12	1159
3	1125	13	1161
4	1129	14	1168
5	1131	15	1170
6	1135	16	1173
7	1135	17	1181
8	1139	18	1186
9	1148	19	1197
10	1148	20	1203
平均值	1154	相对标准偏差/%	2.17

表 2 回收率实验结果
Table 2 Recovery experiment results

序号	本底 /mg	加标量 /mg	测得量 /mg	回收率 /%	平均回收率 /%	RSD /%
1		2.50	2.53	101.2		
2	1.17	2.50	2.46	98.4	97.9	5.13
3		2.50	2.35	94.0		
4		5.00	4.98	99.6		
5	1.17	5.00	5.03	100.6	99.4	1.86
6		5.00	4.90	98.0		

3.5 不同品种禽蛋样品胆碱含量的测定结果

本研究采用优化后的酶比色法,对市售的 150 批次鲜鸡蛋、鸭蛋、鹅蛋、鹌鹑蛋、咸鸭蛋样品全蛋、蛋黄中胆碱含量进行调查研究,结果如表 3 所示。

表 3 不同品种蛋类胆碱含量对比
Table 3 Comparison of choline contents in different varieties of eggs

胆碱含量	n	全蛋	蛋黄
鸡蛋细类($\bar{x}\pm s$) /(mg/100 g)	普通鸡蛋	40 315.1 $\pm$ 19.8	1191.3 $\pm$ 90.2
	乌鸡蛋	20 427.5 $\pm$ 32.7	1248.9 $\pm$ 72.8
	土鸡蛋	20 434.5 $\pm$ 38.5	1258.6 $\pm$ 64.9
鸡蛋($\bar{x}\pm s$)/(mg/100 g)	80	373 $\pm$ 64.9	1222.5 $\pm$ 85.4
鸭蛋细类($\bar{x}\pm s$) /(mg/100 g)	鸭蛋	20 384.3 $\pm$ 28.1	1181.8 $\pm$ 61.2
	咸鸭蛋	15 418.3 $\pm$ 11.1	1406 $\pm$ 33.3
鸭蛋($\bar{x}\pm s$)/(mg/100 g)	35	398.9 $\pm$ 28.0	1277.9 $\pm$ 123.4
鹅蛋($\bar{x}\pm s$)/(mg/100 g)	15	519.5 $\pm$ 31.5	1345.1 $\pm$ 51.1
鹌鹑蛋($\bar{x}\pm s$)/(mg/100 g)	20	464.9 $\pm$ 22.9	1340.8 $\pm$ 46.3

本研究发现蛋黄中胆碱含量很高,含量约在 1%以上,而全蛋胆碱含量鹅蛋最高,其次鹌鹑蛋,鸡蛋和鸭蛋相当,差别主要在于蛋清与蛋黄比,咸鸭蛋比鲜鸭蛋高,鲜鸭蛋和咸鸭蛋的差别受水分含量的影响。

经 Pearson 相关分析得出,蛋黄与全蛋中胆碱含量呈显著正相关($r=0.499$, $P<0.01$),进一步证实全蛋的胆碱主要存在蛋黄里。经两独立样本 t 检验,结果显示鸡蛋、鸭蛋、鹅蛋、鹌鹑蛋中胆碱含量(蛋黄)有显著差异($P<0.05$)。其中鹅蛋、鹌鹑蛋中含量高,其次为鸭蛋、鸡蛋,其蛋黄中胆碱含量均值分别为 1222.5、1277.9、1345.1、1340.8 mg/100 g。不同细类间两独立样本 t 检验显示:土鸡蛋、乌鸡蛋中胆碱含量(蛋黄、全蛋)显著高于普通鸡蛋(均 $P<0.05$)。而乌鸡蛋与土鸡蛋蛋黄、全蛋胆碱含量均无显著差异($P>0.05$)。咸鸭蛋中胆碱含量明显高于生鸭蛋,含量均值分别为 1181.8、1406.0 mg/100 g,且差异具有统计学意义($P<0.001$)。

3.6 与中国食物成分表数据的比较

本研究所调查的普通鸡蛋、乌鸡蛋、咸鸭蛋全蛋中胆碱含量结果与中国食物成分表胆碱含量的比较见表 4。本研究与中国食物成分表统计数据比较结果发现,乌鸡蛋、咸鸭蛋中胆碱含量均显著高于普通鸡蛋,乌鸡蛋的胆碱含量最高。

由表 4 数据可知,本研究所测 3 种禽蛋胆碱含量数值均显著高于中国食物成分表统计数据,分析原因可能为样

本的数量与代表性, 另外采用的胆碱检测方法不同也是导致结果差异的原因之一。本研究采用优化后的国标酶比色法, 而《中国食物成分表》书中采用的是柱层析-比色法。关于 2 种方法数据的横向比较缺乏文献依据, 有待进一步研究。

表 4 本研究结果和中国食物成分表比较 Table 4 Comparison between this experiment results with Chinese food composition tables		
品种	本研究胆碱含量结果 (mg/100 g)	《中国食物成分表 (2018 版)》胆碱含量 统计数据/(mg/100 g)
普通鸡蛋 (全蛋红皮)	315.1±19.8	124.4
乌鸡蛋 (全蛋绿皮)	427.5±32.7	222.9
咸鸭蛋	418.3±11.1	179.3

4 结论与讨论

研究发现禽蛋蛋黄中胆碱含量高, 鹅蛋、鹌鹑蛋等全蛋、蛋黄中胆碱含量最高。一直以来, 蛋黄作为第一辅食添加给较大婴儿(出生 6~12 个月)。孕妇在妊娠期间需要额外摄入充足的营养, 而鸡蛋除了具有优质蛋白, 还含有胆碱、卵磷脂及多种微量元素, 是一种营养丰富的膳食来源。另外, 随着中国人口老龄化的加剧, 老年人患阿尔茨海默病(又称老年痴呆症)的发病率每 5 年约增长 1 倍上升趋势显著^[27], 不容忽视, 有研究证明食用含有胆碱的食物对于益智健脑、维持神经系统功能、预防老年痴呆证有一定保健作用, 各类食物中胆碱含量较高的是禽蛋, 因此食用一定量的禽蛋是有益于人体健康的。

目前市面鸡蛋常将土鸡蛋、乌鸡蛋与普通鸡蛋进行区分。市售土鸡蛋、乌鸡蛋标识其营养品质高于普通鸡蛋, 且价格普遍偏高。土鸡蛋、乌鸡蛋营养价值研究的文献较多: 有文献发现土鸡蛋粗蛋白和粗脂肪含量比品种鸡蛋高 19.2%和 3.33%^[28], 但蛋黄中微量元素含量差异不明显; 吕莉等^[29]对普通鸡蛋、土鸡蛋、乌鸡蛋比较研究发现, 乌鸡蛋蛋黄比率、蛋黄颜色显著高于普通鸡蛋和土鸡蛋, 普通鸡蛋的蛋重和蛋清重均显著高于其他 2 种鸡蛋; 研究发现^[30], 土鸡蛋和商品鸡蛋在所测定的蛋品质指标上无显著差异; 土鸡蛋除在蛋重、蛋白高度和蛋壳强度这些指标上比商品鸡蛋低外, 在蛋形指数、哈氏单位、锌、硒、维生素 A、蛋白质、胆固醇、脂肪和卵磷脂含量上都比商品鸡蛋的高; 也有研究、报道表明土鸡蛋污染物含量比普通鸡蛋高, 湖北省个别地区土鸡蛋含氟量超标, 散养鸡产

蛋的二噁英含量比笼养鸡蛋高出 5.7 蛋, 17%散养鸡蛋二噁英超出欧盟的规定^[31]。本研究中发现笨鸡蛋、乌鸡蛋中胆碱含量(蛋黄、全蛋)显著高于普通鸡蛋, 此营养素含量较高。蛋类营养价值需综合考虑多营养素组成, 有待进一步研究。

本研究中还发现咸鸭蛋胆碱含量比生鸭蛋高, 可能与水分有关或与盐分相关。牟感恩等^[32]以含生鸭蛋的玉米饲料饲喂 ICR 小鼠的研究发现, 鲜鸭蛋摄取能明显降低小鼠甘油三酯, 表现出有益健康效应, 且咸鸭蛋含盐量较高, 对于血压、血脂超出异常人群建议摄食咸鸭蛋。禽蛋有着更广阔的研究空间, 本研究禽蛋中的胆碱含量很高, 为提取纯化提供可靠的数据支持, 及人们进行消费选择提供理论依据。

参考文献

[1] 刘良, 周文君. 蛋类营养及药膳食疗作用的研究[J]. 人人健康(医学导刊), 2007, (12): 122-123.
Liu L, Zhou WJ. Research on egg nutrition and the therapeutic effect of medicinal diet [J]. Renren Health (Med Guid), 2007, (12): 122-123.

[2] 李裕倩, 宋爽, 贾珊珊, 等. 2010-2012 年中国 65 岁及以上老年居民蛋类食物摄入状况分析[J]. 卫生研究, 2016, 45(3): 704-707.
Li YQ, Song S, Jia SS, et al. Analysis of egg food intake of elderly residents aged 65 and above in China from 2010 to 2012 [J]. Health Res, 2016, 45(3): 704-707.

[3] 荫士安. 蛋类及其制品的营养价值[J]. 中国家禽, 2004, 26(24): 32-33.
Yin SA. Nutritional value of eggs and their products [J]. Chin Poul, 2004, 26(24): 32-33.

[4] 戴炜, 胡浩. 基于营养目标的我国禽蛋消费需求研究[J]. 中国家禽, 2013, 35(20): 32-38.
Dai W, Hu H. Research on the consumption demand of Chinese poultry eggs based on nutritional goals [J]. Chin Poul, 2013, 35(20): 32-38.

[5] 封志明, 史登峰. 近 20 年来中国食物消费变化与膳食营养状况评价[J]. 资源科学, 2006, (1): 2-8.
Feng ZM, Shi DF. Changes of food consumption and evaluation of dietary nutrition in China in recent 20 years [J]. Resour Sci, 2006, (1): 2-8.

[6] 王小生. 必需氨基酸对人体健康的影响[J]. 中国食物与营养, 2005, (7): 48-49.
Wang XS. Effects of essential amino acids on human health [J]. Chin Food Nutr, 2005, (7): 48-49.

[7] 贾久满, 张丽娜. 不同品种鸡蛋的蛋品质及营养成分比较[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(14): 152-155.
Jia JM, Zhang LN. comparison of egg quality and nutritional composition of different varieties of eggs [J]. Jiangsu Agric Sci, 2017, 45(14): 152-155.

[8] Glenn MJ, Adams RS, McClurg L. Supplemental dietary choline during development exerts a antidepressant-like effects in adult female rats [J]. Brain Res, 2012, (1443): 52-63.

[9] 曹栋, 袁爱泳, 王兴国. 磷脂及磷脂酰胆碱生物学功能[J]. 粮食与油

- 脂, 2002, (11): 23–24.
- Cao D, Qiu AY, Wang XG. Biological functions of phosphatide and phosphatidylcholine [J]. *J Cere Oils*, 2002, (11): 23–24.
- [10] 尹凤芝, 张慧. 婴幼儿食品和乳品中胆碱的测定—雷氏盐分光光度法[J]. *生命科学仪器*, 2013, 11(Z1): 54–57.
- Yin FZ, Zhang H. determination of choline in infant food and dairy products - Reye's salt photometric method [J]. *Lif Sci Instrum*, 2013, 11(Z1): 54–57.
- [11] 胡小中. 磷脂酰胆碱的生理功能和作用机理[J]. *粮油食品科技*, 2011, 19(4): 42–44.
- Hu XZ. physiological function and mechanism of phosphatidylcholine [J]. *Sci Technol Cere Oil Food*, 2011, 19(4): 42–44.
- [12] 徐亚麦, 赵泽民, 褚晓波. 浅析婴幼儿奶粉中胆碱含量的测定要点[J]. *中国乳业*, 2015, (3): 65–66.
- Xu YM, Zhao ZM, Chu XB. A brief analysis of the determination of choline content in infant milk powder [J]. *China Dair Ind*, 2015, (3): 65–66.
- [13] 高进, 赵静, 唐澈, 等. 高效液相色谱-高分辨质谱-同位素内标法测定奶粉中的胆碱[J]. *食品安全质量检测学报*, 2018, 9(20): 5370–5375.
- Gao J, Zhao J, Tang C, *et al.* determination of choline in milk powder by HPLC-high resolution mass spectrometry-isotope internal standard method [J]. *J Food Saf Qual*, 2008, 9(20): 5370–5375.
- [14] 朱惠莲. 胆碱[J]. *营养学报*, 2013, 35(2): 121–124.
- Zhu HL. Choline [J]. *Chin J Nutr*, 2013, 35(2): 121–124.
- [15] GB 5413.20-2013 食品安全国家标准 婴幼儿食品和乳品中胆碱的测定[S].
- GB 5413.20-2013 National food safety standard-Determination of choline in infant food and dairy products [S].
- [16] 张红梅. 雷氏盐重量法测定氯化胆碱含量的不确定度分析[J]. *粮食与饲料工业*, 2015, 12(4): 68–69.
- Zhang HM. uncertainty analysis of choline chloride content determination by rexhlet salt gravimetric method [J]. *Food Feed Ind*, 2015, 12(4): 68–69.
- [17] 黄丽, 刘京平, 容晓文. 在线渗析-离子色谱法直接测定奶粉中胆碱[J]. *中国卫生检验杂志*, 2008, 18(3): 444–445, 457.
- Huang L, Liu JP, Rong XW. Direct determination of choline in milk powder for infant and young children by on line dialysis-ion chromatography [J]. *Chin J Health Lab Technol*, 2008, 18(3): 444–445, 457.
- [18] 李媛媛, 薛静, 李莹倩, 等. 离子色谱法测定婴幼儿奶粉中的胆碱含量[J]. *食品科技*, 2008, 33(12): 267–270.
- Li YY, Xue J, Li YQ, *et al.* Determination of choline in infant milk powder by ion chromatography [J]. *Food Sci Technol*, 2008, 33(12): 267–270.
- [19] 顾秀英, 欧菊芳, 杨琳, 等. 离子色谱法测定奶粉中胆碱质量分数[J]. *中国乳品工业*, 2011, 39(7): 47–49.
- Gu XY, Ou JF, Yang L, *et al.* Determination of choline in formula sample by ion chromatography [J]. *Dair Ind*, 2011, 39(7): 47–49.
- [20] 刘美霞, 胡彩霞, 任丽, 等. 离子色谱法测定奶粉中胆碱含量方法的研究[J]. *食品安全质量检测学报*, 2013, 4(6): 1880–1884.
- Liu MX, Hu CX, Ren L, *et al.* Determination of choline in milk powder by ion chromatography [J]. *J Food Saf Qual*, 2013, 4(6): 1880–1884.
- [21] 刘雪梅, 刘波, 郭园, 等. 高效液相色谱-蒸发光散射检测器联用法测定婴幼儿配方乳粉中胆碱的含量[J]. *中国食品卫生杂志*, 2016, 28(2): 219–223.
- Liu XM, Liu B, Guo Y, *et al.* Determination of choline in infant formula by high performance liquid chromatography-evaporative light scattering detector [J]. *Chin J Food Hyg*, 2016, 28(2): 219–223.
- [22] 张玉, 汪庆旗, 梁晶晶, 等. 超高效液相色谱-荧光法测定婴幼儿乳粉中胆碱含量[J]. *中国卫生检验杂志*, 2017, 27(2): 169–171.
- Zhang Y, Wang QQ, Liang JJ, *et al.* Determination of choline in infant milk powder by ultra performance liquid chromatography with fluorescence detection [J]. *Chin J Health Lab Technol*, 2017, 27(2): 169–171.
- [23] 李秀英, 黄嘉乐, 邱志超, 等. 微波水解/超高效液相色谱-串联质谱法快速测定奶粉中的胆碱和左旋肉碱[J]. *食品安全质量检测学报*, 2016, 7(5): 1876–1881.
- Li XY, Huang JL, Qiu ZC, *et al.* Rapid determination of choline and L-carnitine in milk powder by microwave hydrolysis/ultra performance liquid chromatography tandem mass spectrometry [J]. *J Food Saf Qual*, 2016, 7(5): 1876–1881.
- [24] 黄焘, 陶保华, 陈启, 等. 超高效液相色谱-串联质谱法同时测定人乳中的胆碱、L-肉碱、乙酰基-L-肉碱和牛磺酸[J]. *食品安全质量检测学报*, 2014, 5(7): 2059–2065.
- Huan T, Tao BH, Chen Q, *et al.* Determination of choline, L-carnitine, acetyl-L-carnitine and taurine in human milk using ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. *J Food Saf Qual*, 2014, 5(7): 2059–2065.
- [25] GB/T 27417-2017 合格评定 化学分析方法确认和验证指南[S].
- GB/T 27417-2017 Conformity assessment-Guidelines for validation and validation of chemical analysis methods [S].
- [26] GB/T 27404-2008 实验室质量控制规范 食品理化检测[S].
- GB/T 27404-2008 Laboratory quality control standard-Food physical and chemical in section measurement [S].
- [27] 邓莉, 王今朝, 杨莉, 等. 胆碱转运体与阿尔茨海默病[J]. *生物化学与生物物理进展*, 2014, 41(12): 1207–1213.
- Deng L, Wang JC, Yang L, *et al.* Choline transporter and Alzheimer's disease [J]. *Prog Biochem Biophys*, 2014, 41(12): 1207–1213.
- [28] 左瑞华, 胡恒龙, 雷翠萍, 等. 六安市售品种鸡蛋与土鸡蛋营养成分的比较分析[J]. *皖西学院学报*, 2007, (5): 90–92.
- Zuo RH, Hu HL, Lei CP, *et al.* Comparative analysis of nutritional composition of eggs sold in Liu'an city and native eggs [J]. *J West Anhui Univ*, 2007, (5): 90–92.
- [29] 吕莉, 李源, 井美娇, 等. 普通鸡蛋、土鸡蛋和乌鸡蛋的蛋品质比较研究[J]. *家畜生态学报*, 2017, 38(11): 38–40, 91.
- Lu L, Li Y, Jing MJ, *et al.* Comparative study on egg quality of common, native and black eggs [J]. *J Livestock Ecol*, 2017, 38(11): 38–40, 91.
- [30] 李慧芳, 葛庆联, 汤青萍, 等. 不同蛋类蛋品质分析和比较[J]. *中国畜牧杂志*, 2007, (1): 56–57.
- Li HF, Ge QL, Tang QP, *et al.* Analysis and comparison of different egg

quality [J]. Chin J Anim Husb, 2007, (1): 56–57.

- [31] 邱春燕. 土鸡蛋二恶英含量高[J]. 品牌与标准化, 2010, (21): 39.

Qiu CY. Dioxin content in native eggs is high [J]. Brand Standard, 2010, (21): 39.

- [32] 牟感恩, 龙伟, 李德冠, 等. 鲜鸭蛋营养及健康效应的评价研究[J]. 食品科技, 2018, 43(7): 29–34.

Mou GE, Long W, Li GD, *et al.* Evaluation and research on nutrition and health effects of fresh duck eggs [J]. Food Sci Technol, 2008, 43(7): 29–34.

(责任编辑: 武英华)

作者简介



冯 炜, 工程师, 主要研究方向为食品检验。

E-mail: 23809216@qq.com



鲍连艳, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为食品检验与质量控制。

E-mail: 280286057@qq.com

“果蔬加工和质量安全控制”专题征稿函

我国是果蔬生产大国,水果蔬菜的总产量在世界名列前茅,果蔬产品也成为我国较好的经济来源之一。蔬菜、水果等农产品的质量安全越来越受到全社会关注,在生产阶段和加工、包装、储运等采后阶段进行质量安全风险控制显得越来越必要和紧迫。

鉴于此,本刊特别策划了“果蔬加工和质量安全控制”专题。专题将围绕**(1)果蔬加工过程质量安全识别控制; (2)果蔬生产过程质量安全溯源控制; (3)果蔬产后处理与贮运过程质量安全控制**。或您认为本领域有意义的问题综述及研究论文均可,专题计划在 2019 年 12 月出版。

本刊主编国家风险评估中心**吴永宁研究员**特邀请有关食品领域研究人员为本专题撰写稿件,综述、研究论文和研究简报均可。请在 2019 年 10 月 31 日前通过网站或 E-mail 投稿。我们将快速处理并经审稿合格后优先发表。

投稿方式(注明专题):

网站: www.chinafoodj.com

E-mail: jfoodsqa@126.com

《食品安全质量检测学报》编辑部