

不同水平月见草籽对鹌鹑肉中脂肪酸含量的影响

张爱武,左璐雅,董 斌

(吉林农业大学 中药材学院,吉林 长春 130118)

【摘 要】 【目的】研究月见草籽对鹌鹑肉中脂肪酸含量的影响,以期通过调整日粮组分来改变鹌鹑肉中脂肪酸的含量。**【方法】**选用 150 只 1 日龄鹌鹑,随机分成 5 组,每组设 3 个重复,每重复 10 只。第 1 组饲喂基础日粮,第 2~5 组分别饲喂在基础日粮基础上添加 8%,10%,12%和 15%月见草籽的试验日粮,进行为期 50 d 的饲养。于 35 和 50 日龄时,每个重复随机屠宰 3 只鹌鹑,取肉样,测定鹌鹑肉中常规营养成分和脂肪酸的含量。**【结果】**随着月见草籽添加量的增加,35 日龄鹌鹑肉中脂肪含量呈递增趋势,15%月见草籽添加组显著高于对照组($P<0.05$),各试验组间差异不显著($P>0.05$)。随着日粮中月见草籽添加量的增加,35 日龄及 50 日龄鹌鹑肉中的 C18:2 含量均有增加,且各试验组均显著高于对照组($P<0.05$);添加 8%,12%和 15%月见草籽可显著降低 50 日龄鹌鹑肉中的 C16:1 含量($P<0.05$)。35 日龄各处理组多不饱和脂肪酸(PUFA)含量均显著高于对照组($P<0.05$),10%,12%和 15%月见草籽添加组 50 日龄鹌鹑肉中 PUFA 含量均显著高于对照组($P<0.05$)。各处理组 35 日龄鹌鹑肉中 ω -6 PUFA/ ω -3 PUFA 均显著高于对照组($P<0.05$),12%和 15%月见草籽添加组 50 日龄鹌鹑肉中 ω -6 PUFA/ ω -3 PUFA 显著高于对照组($P<0.05$)。**【结论】**月见草籽可改善鹌鹑肉中脂肪酸的组成结构,鹌鹑肉中 PUFA 含量随月见草籽添加量的增加而增加。

【关键词】 月见草籽;鹌鹑;脂肪酸含量

【中图分类号】 S837.5

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2011)03-0022-06

Effect of primrose seeds on fatty acid content of meat in quail

ZHANG Ai-wu,ZUO Lu-ya,DONG Bin

(Chinese Medicinal Materials College,Jilin Agriculture University,Changchun,Jilin 130118,China)

Abstract: 【Objective】 Effect of primrose seeds on fatty acid content of meat in quail was studied,in order to adjust fatty acid composition in quail meat by adjusting basal diet.**【Method】** One-day-old 150 quails were divided into 5 groups randomly,each group consisted of 3 cages with 10 quails per cage. 1 group was control group and fed basal diet,2—5 groups were experimental groups and fed increasing levels of primrose seeds at 8%,10%,12% and 15% respectively. Feed and water were provided at random throughout the experiment that lasted 50 d. At 35 d and 50 d,3 quails were slaughtered per cage,and meat was collected in order to determine nutrients content and fatty acid content.**【Result】** The fat content of 35 d quails' meat tended to increase as primrose seeds level in the diets increased,fat content of meat in quail fed 15% primrose seeds were significantly higher than those of meat in quail fed without primrose seeds ($P<0.05$),no significant difference was observed among all the treatment groups ($P>0.05$). C18:2 content in meat of 35 d and 50 d quails fed primrose seeds were significantly increased than that in meat of quails fed without primrose seeds ($P<0.05$). C16:1 content in meat of 50 d quails fed 8%,12% and 15% primrose seeds were significant decreased than those in meat of quails fed without primrose seeds ($P<0.05$). Polyunsatu-

* [收稿日期] 2010-08-18

[基金项目] 吉林农业大学博士基金项目(212-00053)

[作者简介] 张爱武(1971—),女,吉林长春人,副教授,博士,主要从事特种经济动物营养与饲料研究。

E-mail:zhangaiwu@jlau.edu.cn

rated fatty acid (PUFA) content in meat of 35 d quails fed primrose seeds and in 50 d quails fed 10%, 12% and 15% primrose seeds were significantly higher than that in meat of quails fed without primrose seeds ($P < 0.05$). ω -6 PUFA/ ω -3 PUFA in 35 d quails fed primrose seeds and 50 d quails fed 12% and 15% primrose seeds were significantly increased than that in quails of control groups ($P < 0.05$). 【Conclusion】 Primrose can improve the fatty acids composition and increase PUFA content as the primrose seed levels in the diets increase.

Key words: primrose seeds; quail; fatty acid content

近年来,随着生活水平逐步提高,人们对膳食品质提出了更高的要求,营养结构合理、保健性能强的高品质膳食越来越受到青睐。20世纪80年代,科学家发现多不饱和脂肪酸(PUFA)能够明显降低心血管的发病率^[1],这一发现引起了人们对PUFA的极大关注。与人体健康密切相关的PUFA主要有2类:一类是 ω -3系多不饱和脂肪酸(ω -3 PUFA),另一类是 ω -6系多不饱和脂肪酸(ω -6 PUFA)^[2]。

ω -3 PUFA和 ω -6 PUFA是饮食中的重要组成部分,维持 ω -3 PUFA和 ω -6 PUFA的摄入平衡对人们的健康具有非常重要的意义,主要体现在 ω -3 PUFA和 ω -6 PUFA的适宜比例有助于降低心血管疾病的发病率,抑制前列腺增生和乳腺肿瘤,预防癌症的发生,延缓免疫功能衰退,协调机体生理功能等方面^[3]。现代农业在追求大规模生产的同时,导致食物(绿色蔬菜、肉类、蛋类、鱼)中 ω -3 PUFA的含量降低,膳食中的 ω -6 PUFA/ ω -3 PUFA值过高,并呈逐步上升的趋势^[4]。造成这种情况的原因主要是人们饮食中的 ω -3 PUFA和 ω -6 PUFA搭配不合理。人们食用的植物性食物,多数为含有大量 ω -6 PUFA的谷物。同样由于饲料中含有较高的 ω -6 PUFA,致使采食饲料的动物所产的肉和蛋中, ω -6 PUFA偏高, ω -3 PUFA偏低^[5]。因此,如何增加饮食中的 ω -3 PUFA含量,降低 ω -6 PUFA含量,调节 ω -3 PUFA与 ω -6 PUFA的平衡,已成为脂肪酸研究领域的一个重要内容^[6]。

目前,通过在畜禽饲料中增加PUFA以提高肉、蛋、奶等畜牧产品的PUFA含量,从而改善畜牧产品品质的研究正越来越多地受到人们的重视。已有很多报道指出,畜禽组织中脂肪酸的组成可通过日粮的调整来改变,即日粮的脂肪酸组成直接影响着畜禽组织的脂肪酸组成^[7-11]。

月见草籽中含油14%~25%,月见草籽油中富含多种PUFA及丰富的亚油酸(LA, C18:2, ω -6)和 γ -亚麻酸(GLA, C18:3, ω -6)^[12-13]。其中亚油酸含量最高,达574.4 mg/g,是月见草油的主要成分;其

他成分有软脂酸、 γ -亚麻酸、二十碳烷酸、硬脂酸、二十一碳烷酸、11-二十碳烯酸,其含量分别为84.32, 56.41, 1.83, 11.58, 1.66, 3.00 mg/g^[13]。 γ -亚麻酸是动物机体的必需脂肪酸,具有很强的生物活性^[14-15]。本试验在鹌鹑日粮中添加不同水平的月见草籽,研究月见草籽对鹌鹑肉中脂肪酸含量的影响,以期为人类合理的膳食提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 试验原料 试验用月见草籽购于河北省保定市药都安国中药材批发中心。

1.1.2 试验动物 随机选择1日龄健康鹌鹑150只,雌雄随机。

1.1.3 试验日粮 基础日粮及营养水平见表1。试验日粮自配,月见草籽分别占基础日粮的8%, 10%, 12%和15%,日粮中添加适量的抗氧化剂。除粗脂肪及其脂肪酸含量不同外,其他主要营养成分各组间差异不显著。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 将150只1日龄鹌鹑随机分成5组,每组设3个重复,每重复10只。其中第1组为对照组,饲喂基础日粮;第2~5组为试验组,分别饲喂在基础日粮中添加8%, 10%, 12%和15%月见草籽(月见草籽磨碎)的试验日粮;进行为期50d的饲养试验。

1.2.2 样品采集与制备 于35和50日龄时,每个重复随机屠宰3只鹌鹑,留肉样,用于测定PUFA含量。

1.2.3 鹌鹑肉中PUFA含量的测定 用索氏浸提法提出鹌鹑肉中的粗脂肪,然后进行甲酯化,取甲酯化后的上清液进行气相色谱分析。进样口温度250℃,检测器温度260℃,柱温150℃,保持5min,并以5℃/min升至220℃,保持22min;分流进样1 μ L,分流比50:1,载气氮气(99.999%)1.0 mL/min,氢气30 mL/min,空气400 mL/min,尾吹25 mL/min。

1.3 数据统计分析

多重比较采用 Duncan’s 法, 差异性显著水平设为

试验数据采用 SPSS13.0 软件进行统计分析, $P<0.05$ 。

表 1 基础日粮及营养水平

Table 1 Basal diet and its nutrient level %

饲料原料 Ingredient	含量 Content		营养成分 Nutrient content	营养水平 Nutrient level	
	0~2 周龄	3~7 周龄		0~2 周龄	3~7 周龄
	0—2 week	3—7 week		0—2 week	3—7 week
玉米 Corn	54	51	粗蛋白* CP	24.38	22.94
豆粕 Soybean meal	27	26	总钙* Ca	1.33	1.23
进口鱼粉 Fish meal	10	9	粗脂肪* Crude fat	14.63	15.37
米糠 Rice bran	5	10	粗纤维* Crude fiber	3.43	2.53
骨粉 Bone meal	1.5	1.5	粗灰分* Ash	6.10	6.91
多维 Multivits	0.25	0.25	赖氨酸 Lys	1.12	0.87
微量元素 Trace element	0.25	0.25	蛋氨酸 Met	0.47	0.38
赖氨酸 Lys	0.6	0.6			
蛋氨酸 Met	0.1	0.1			
食盐 Sodium chloride	0.1	0.1			
石粉 Stone meal	1.2	1.2			

注:营养水平中“*”为测定值,其他为计算值,蛋氨酸和赖氨酸纯度均为 99%;基础日粮中微量元素含量为 Mg 300 mg/kg,Mn 90 mg/kg,Zn 100 mg/kg,Cu 7 mg/kg,I 0.3 mg/kg,Fe 80 mg/kg。

Note:“*” were determined values,the others were calculated values. Methionine and Lysine purity were 99%. Trace element content in basal diet was as follow: Mg 300 mg/kg,Mn 90 mg/kg,Zn 100 mg/kg,Cu 7 mg/kg,I 0.3 mg/kg,Fe 80 mg/kg.

2 结果与分析

2.1 月见草籽对 35 日龄鹌鹑肉中营养成分及脂肪酸含量的影响

2.1.1 营养成分 不同水平月见草籽对 35 日龄鹌鹑肉中常规营养成分含量的影响见表 2。由表 2 可知,随着月见草籽添加量的增加,鹌鹑肉中的脂肪含量呈递增趋势,15%月见草籽添加组显著高于对照组($P<0.05$),但各试验组间差异不显著($P>0.05$);8%和 10%月见草籽添加组粗蛋白含量显著低于 15%添加组($P<0.05$);对于粗灰分,各组间差异不显著($P>0.05$)。

2.1.2 脂肪酸 月见草籽添加量对 35 日龄鹌鹑肉

表 3 月见草籽添加量对 35 日龄鹌鹑肉中脂肪酸含量的影响

Table 3 Fatty acids content in meat of 35 d quails mg/g

脂肪酸 Fatty acids	月见草籽添加量/% Primrose seeds content				
	0	8	10	12	15
C14:0	1.02±0.13	1.16±0.07	1.00±0.11	1.17±0.04	1.08±0.02
C16:0	23.12±1.59 b	26.74±4.35 b	28.55±2.23 b	34.01±0.66 a	25.70±1.03 b
C16:1	7.88±1.22	6.79±2.16	6.09±0.87	8.08±0.22	8.36±0.16
C18:0	7.11±0.79 b	7.91±0.67 b	9.60±0.06 a	10.10±0.33 a	7.82±0.25 b
C18:1	42.19±2.87 ab	39.00±5.47 b	39.15±2.82 b	49.32±2.27 a	38.38±1.58 b
C18:2	17.41±1.12 c	33.14±3.00 b	31.60±1.36 b	35.92±2.20 b	46.61±0.85 a
C18:3	2.49±2.53	2.75±0.13	1.38±0.32	0.99±0.06	1.44±0.08
C20:5	0.84±0.19 c	1.13±0.15 bc	1.29±0.12 ab	1.42±0.03 ab	1.48±0.04 a
C22:5	0.30±0.06 b	0.22±0.01 b	0.27±0.03 b	0.39±0.01 a	0.25±0.01 b
C22:6	0.76±0.08 b	0.74±0.04 b	0.83±0.08 ab	0.94±0.06 a	0.87±0.06 ab

注:同行数据后标不同小写字母者表示差异显著($P<0.05$)。表 4,6,7 同。

Note:Different lowercase letters in a row mean significant difference ($P<0.05$). The same as table 4,6,7.

中脂肪酸含量的影响见表 3。

表 2 月见草籽添加量对 35 日龄鹌鹑肉中
常规营养成分含量的影响

Table 2 Nutritive content in meat of 35 d quails %

月见草籽添加量/% Primrose seeds content	粗灰分 Ash	脂肪 EE	粗蛋白 CP
0	1.38±0.34	3.14±0.30 b	21.47±0.52 ab
8	1.58±0.22	3.71±0.68 ab	20.08±1.32 bc
10	1.57±0.09	4.01±0.61 ab	19.74±0.59 c
12	1.76±0.67	4.09±1.08 ab	20.65±0.88 ab
15	1.65±0.16	4.66±0.47 a	21.72±0.78 a

注:同列数据后标不同小写字母者表示差异显著($P<0.05$)。

表 5 同。

Note:Different lowercase letters in a column mean significant difference ($P<0.05$). The same as table 5.

由表 3 可知,随日粮中月见草籽添加量的增加,各组间 C14:0、C16:1、C18:3 含量差异不显著($P>0.05$);12%月见草籽添加组 C16:0、C22:5、C22:6 含量显著高于对照组($P<0.05$);10%及 12%月见草籽添加组 C18:0 含量显著高于对照组($P<0.05$);所有月见草籽添加组 C18:2 含量均显著高于对照组($P<0.05$)。

由表 4 可知,鹌鹑肉中饱和脂肪酸(SFA)、PUFA 含量随日粮中月见草籽添加量的增加总体呈上

升趋势,15%月见草籽添加组 PUFA 含量显著高于其他各组($P<0.05$),各试验组 PUFA 含量均显著高于对照组($P<0.05$)。 ω -3 PUFA 含量各组间差异均不显著($P>0.05$);随着月见草籽添加量的增加,鹌鹑肉中 ω -6 PUFA 含量显著高于对照组($P<0.05$),因此 ω -6 PUFA/ ω -3 PUFA 呈上升趋势,且各试验组 ω -6 PUFA/ ω -3 PUFA 值显著高于对照组($P<0.05$)。

表 4 月见草籽添加量对 35 日龄鹌鹑肉中不同种类脂肪酸含量的影响

Table 4 Different fatty acids content in meat of 35 d quails		mg/g				
脂肪酸种类 Categories	月见草籽添加量/% Primrose seeds content					
	0	8	10	12	15	
饱和脂肪酸(SFA) Saturated fatty acids	31.25±2.15 c	35.82±5.08 bc	39.16±2.40 ab	45.29±1.03 a	34.61±1.31 bc	
单不饱和脂肪酸(MUFA) Monounsaturated fatty acids	50.07±4.06 ab	45.79±7.63 b	45.24±3.68 b	57.41±2.49 a	46.74±1.74 ab	
多不饱和脂肪酸(PUFA) Polyunsaturated fatty acids	21.79±3.56 c	37.98±2.96 b	35.37±1.66 b	39.66±2.16 b	50.64±0.84 a	
ω -3 PUFA	4.38±2.59	4.84±0.05	3.77±0.30	3.74±0.04	4.03±0.01	
ω -6 PUFA	17.41±1.12 c	33.14±3.00 b	31.60±1.36 b	35.92±2.20 b	46.61±0.85 a	
ω -6 PUFA/ ω -3 PUFA	4.74±1.94 c	6.85±0.68 b	8.40±0.32 b	9.60±0.69 b	11.55±0.25 a	

注(Note):SFA=C14:0+C16:0+C18:0;MUFA=C16:1+C18:1;PUFA=C18:2+C18:3+C20:5+C22:5+C22:6.

2.2 月见草籽对 50 日龄鹌鹑肉中营养成分及脂肪酸含量的影响

2.2.1 营养成分 不同水平月见草籽添加量对 50 日龄鹌鹑肉中常规营养成分含量的影响见表 5。由表 5 可知,添加不同水平月见草籽的 50 日龄鹌鹑肉中粗灰分、脂肪、粗蛋白含量与对照组相比差异均不显著($P>0.05$)。

2.2.2 脂肪酸 月见草籽添加量对 50 日龄鹌鹑肉中脂肪酸含量的影响见表 6。

表 5 月见草籽添加量对 50 日龄鹌鹑肉中常规营养成分含量的影响

Table 5 Nutritive content in meat of 50 d quails %				
月见草籽添加量/% Primrose seeds content	粗灰分 Ash	脂肪 EE	粗蛋白 CP	
0	1.70±0.25	3.79±0.98	20.58±3.21	
8	1.72±0.22	4.71±0.86	20.44±0.65	
10	1.79±0.19	5.11±1.08	21.12±1.02	
12	1.71±0.21	5.24±1.21	19.11±0.32	
15	1.66±0.16	3.96±0.28	14.30±2.39	

表 6 月见草籽添加量对 50 日龄鹌鹑肉中脂肪酸含量的影响

Table 6 Fatty acids content in meat of 50 d quails		mg/g				
脂肪酸 Fatty acids	月见草籽添加量/% Primrose seeds content					
	0	8	10	12	15	
C14:0	0.98±0.19	0.77±0.13	0.91±0.06	0.95±0.05	0.86±0.16	
C16:0	26.12±3.69	20.48±3.03	25.37±1.44	25.25±6.52	24.09±2.54	
C16:1	7.34±2.97 a	3.92±1.03 d	5.91±2.75 ab	5.41±0.91 bc	4.04±1.11 cd	
C18:0	11.20±4.37	11.14±0.44	12.84±5.65	11.81±0.93	12.84±1.47	
C18:1	44.55±11.85	27.10±6.29	28.67±2.90	33.59±10.40	29.40±6.54	
C18:2	18.01±5.35 c	33.94±4.15 b	41.85±6.30 b	47.15±1.58 a	43.43±5.81 b	
C18:3	0.88±0.21	0.81±0.43	1.21±0.02	1.18±0.26	0.92±0.49	
C20:5	1.83±0.65 b	3.34±0.07 ab	4.51±1.52 a	3.12±0.73 ab	4.13±1.53 a	
C22:5	0.67±0.36	0.83±0.05	0.93±0.19	0.76±0.14	0.68±0.15	
C22:6	1.75±0.69	2.19±0.23	2.74±0.57	2.13±0.16	1.88±0.34	

由表 6 可见,与 35 日龄鹌鹑相同,50 日龄鹌鹑肉中也可检测出 10 种脂肪酸,其中饱和脂肪酸以 C16:0 为主,单不饱和脂肪酸以 C18:1 为主,多不饱

和脂肪酸则以 C18:2 为主。饲料中添加月见草籽对鹌鹑肉中脂肪酸 C14:0、C16:0、C18:0、C18:1、C18:3、C22:5 和 C22:6 含量虽有影响,但无规律可

循,且各处理组间差异不显著;添加 8%,12%和 15%月见草籽可显著降低 50 日龄鹌鹑肉中的 C16:1 含量($P<0.05$);各添加水平月见草籽均可显著增加 C18:2 的含量($P<0.05$)。

从表 7 可知,日粮中添加月见草籽鹌鹑肉中饱和脂肪酸及单不饱和脂肪酸的含量,各组间差异不显著($P>0.05$),但随着日粮中月见草籽添加量的

增加,多不饱和脂肪酸的含量逐渐升高,10%,12%和 15%月见草籽添加组与对照组相比差异达显著水平($P<0.05$)。添加月见草籽可显著提高鹌鹑肉中 ω -6 PUFA 含量($P<0.05$),且添加 12%和 15%月见草籽可显著提高鹌鹑肉中 ω -6 PUFA/ ω -3 PUFA 值($P<0.05$)。

表 7 月见草籽添加量对 50 日龄鹌鹑肉中不同种类脂肪酸含量的影响

脂肪酸种类 Categories	月见草籽添加量/% Primrose seeds content				
	0	8	10	12	15
饱和脂肪酸 SFA	38.31±7.23	32.40±3.60	39.12±7.15	38.00±7.50	37.79±3.85
单不饱和脂肪酸 MUFA	51.90±14.69	31.02±7.32	34.59±5.65	39.00±11.30	33.44±12.30
多不饱和脂肪酸 PUFA	23.14±7.10 b	41.11±4.46 ab	51.23±8.55 a	54.33±2.88 a	51.04±3.31 a
ω -3 PUFA	5.13±1.84	7.17±0.31	9.38±2.25	7.18±1.30	7.61±2.50
ω -6 PUFA	18.01±5.35 c	33.94±4.15 b	41.85±6.30 b	47.15±1.58 a	43.43±5.81 b
ω -6 PUFA/ ω -3 PUFA	3.60±0.61 c	4.73±0.43 bc	4.46±0.15 bc	6.57±0.73 a	5.71±2.33 b

3 讨 论

梁中妍^[16]报道,月见草是一种很好的畜禽饲料原料,含有很多营养成分,其中含粗蛋白 18.2%,粗纤维 20.27%,粗脂肪 11.18%,粗灰分 7.96%。本试验结果表明,日粮中添加 15%月见草籽可显著提高 35 日龄鹌鹑肉中的脂肪含量,说明在日粮中添加高脂肪含量的原料可以提高动物肉中的脂肪含量。于昱等^[17]报道,畜禽肉的脂肪组成可反映其日粮的脂肪组成,且不同部位肉的脂肪酸组成有明显差异,这种差异直接影响着肌肉的食用价值,只有含一定量高级不饱和脂肪酸的肌肉才会鲜嫩,同时又有较高的营养价值。

月见草种子产量高,是目前惟一一种得到开发利用的含 γ -亚麻酸的植物^[18]。月见草籽油中富含 γ -亚麻酸(GLA,C18:3, ω -6)和亚油酸(LA,C18:2, ω -6)等多不饱和脂肪酸,GLA 是人体必需脂肪酸,具有降血压、降血糖、抗衰老和抗肿瘤的作用,并可提高钙的吸收率。本试验结果表明,日粮中添加月见草籽可使鹌鹑肉中 ω -6 PUFA 含量增加, ω -3 PUFA 含量也随月见草籽添加量的增加而增加,但达到一定量后其含量又有所下降。郭宝海等^[19]研究证实,月见草籽油添加量增加时, ω -6 脂肪酸总量显著提高($P<0.05$);而 ω -3 脂肪酸总量则是先升高,在超过一定限度后又开始降低,这与本研究结果一致,说明通过改变日粮中油脂的添加量来调控畜禽肉中脂肪酸组成的方法可行,并且也是改善人们膳食结构的最安全有效的途径。

【参考文献】

[1] Dyerberg J, Bang H O. Observations on populations in Greenland and Denmark, in nutritional evaluation of long-chain fatty acids [M]. New York: Academic Press, 1981.

[2] 毛 峰. n -3 系多不饱和脂肪酸与人体健康 [J]. 实用医技杂志, 2006, 3(5): 775-776.

Mao F. n -3 poly unsaturated fatty acid and human health [J]. Journal of Practical Medical Techniques, 2006, 3(5): 775-776. (in Chinese)

[3] 伍金华, 周克元. 调节食物中 ω -6 和 ω -3 脂肪酸合适比例研究的进展 [J]. 国外医学: 卫生学分册, 2006, 33(2): 70-73.

Wu J H, Zhou K Y. Research progress in adjusting appropriate ratio of ω -6 to ω -3 in food [J]. Foreign Medical Sciences: Section of Hygiene, 2006, 33(2): 70-73. (in Chinese)

[4] 杨彩霞. n -3 不饱和脂肪酸的生物转化规律以及强化 n -3 不饱和脂肪酸鸡蛋对脂类代谢影响机理的研究 [D]. 北京: 中国农业大学, 1997.

Yang C X. Biotransformation rule of n -3 unsaturated fatty acid and effects of intensified n -3 unsaturated fatty acid eggs on lipid metabolism [D]. Beijing: China Agricultural University, 1997. (in Chinese)

[5] 姜琳琳, 刘华贵, 齐德生, 等. 鸡肉中脂肪酸的研究进展 [J]. 肉类研究, 2006(1): 37-40.

Jiang L L, Liu H G, Qi D S, et al. Review on fatty acid in muscle tissue of chicken [J]. Meat Research, 2006(1): 37-40. (in Chinese)

[6] 赵丽娜, 罗 杰, 肖成林, 等. 日粮中添加亚麻籽和双低菜籽混合原料提高鸡蛋中 n -3 PUFA 含量的研究 [J]. 中国粮油学报, 2008(2): 157-162.

Zhao L N, Luo J, Xiao C L, et al. Increasing n -3 polyunsaturated fatty acid of egg yolk by dietary linseeds and rapeseeds [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2008(2): 157-162. (in Chinese)

[7] Kim S C, Adesogan A T, Badinga L, et al. Effects of dietary

n-6 : *n*-3 fatty acid ratio on feed intake,digestibility,and fatty acid profiles of the ruminal contents,liver,and muscle of growing lambs [J]. J Anim Sci,2007,85:706-716.

[8] Noci F,French P,Monahan F J,et al. The fatty acid composition of muscle fat and subcutaneous adipose tissue of grazing heifers supplemented with plant oil-enriched concentrates [J]. J Anim Sci,2007,85:1062-1073.

[9] Averette Gatlin L,See M T,Hansen J A,et al. The effects of dietary fat sources,levels,and feeding intervals on pork fatty acid composition [J]. J Anim Sci,2002,80:1606-1615.

[10] 马得莹. 鱼油对猪胴体特征、感官性状和脂肪酸组成的影响 [J]. 国外畜牧科技,1997,24(6):43-44.
Ma D Y. Effect of fish oil on carcass characteristic,sensory characteristic and fatty acids composition in pigs [J]. Animal Science Abroad,1997,24(6):43-44. (in Chinese)

[11] 王 磊,王伯勇,王 清,等. 月见草种子化学成分的分析 [J]. 山东科学,1989,12(4):33-35.
Wang L,Wang B Y,Wang Q,et al. Chemical analysis of primrose seeds [J]. Shandong Science,1989,12(4):33-35. (in Chinese)

[12] 潘泰安. 超临界 CO₂ 萃取月见草油的研究 [J]. 宁夏农林科技,2000(3):4-6.
Pan T A. Study on supercritical CO₂ extraction of primrose oil [J]. Journal of Ningxia Agriculture and Forestry Science,2000(3):4-6. (in Chinese)

[13] 赵春芳,郝秀华,李平亚,等. 月见草油的营养成分分析 [J]. 白求恩医科大学学报,2000,26(5):458-459.
Zhao C F,Hao X H,Li P Y,et al. Nutrient analysis of primrose oil [J]. Journal of Norman Bethune University of Medical Sciences,2000,26(5):458-459. (in Chinese)

[14] 禹适之. 国产月见草油的生物活性 [J]. 现代应用药理学,1987,4(5):18-20.
Yu S Z. Bioactivity of domestic primrose oil [J]. Modern Pharmacology of Clinical Applications,1987,4(5):18-20. (in Chinese)

[15] 周 廉,张国庆,量淑萍,等. 月见草籽油对血脂和体重影响的观察 [J]. 中国中西医结合杂志,1993,13(7):438-440.
Zhou L,Zhang G Q,Liang S P,et al. Effect of primrose seed oil on blood lipid and body weight [J]. Chinese Journal of Integrated Traditional and Western Medicine,1993,13(7):438-440. (in Chinese)

[16] 梁中妍. 浅谈畜禽的饲料资源月见草饼 [J]. 黑龙江粮油科技,2001,12(4):32.
Liang Z Y. Feedstuff resource of farm animal [J]. Heilongjiang Grain and Oil Technology,2001,12(4):32. (in Chinese)

[17] 于 昱,袁 纛. 多不饱和脂肪酸的营养研究及其在家禽生产中的应用 [J]. 中国禽业导刊,2004,21(2):31-32.
Yu Y,Yuan Y. Nutrition study of polyunsaturated fatty acid and its application in poultry production [J]. Guide to Chinese Poultry,2004,21(2):31-32. (in Chinese)

[18] 张洪涛,单 雷,毕玉平. *n*-6 和 *n*-3 多不饱和脂肪酸在人和动物体内的功能关系 [J]. 山东农业科学,2006(2):115-120.
Zhang H T,Shan L,Bi Y P. Function relation of *n*-6 and *n*-3 polyunsaturated fatty acid in both human and animal [J]. Shandong Agricultural Sciences,2006(2):115-120. (in Chinese)

[19] 郭宝海,计 成,马秋刚,等. 月见草油和胡麻油对蛋黄中胆固醇的影响 [J]. 中国畜牧杂志,2003,39(3):22-23.
Guo B H,ji C,Ma Q G,et al. Effect of primrose oil and linseed oil on cholesterol in egg yolk [J]. Chinese Journal of Animal Science,2003,39(3):22-23. (in Chinese)

(上接第 21 页)

[21] Randic M,Vracko M,Novic M,et al. Spectrum-like graphical representation of RNA secondary structure [J]. International Journal of Quantum Chemistry,2009,109(13):2982-2995.

[22] Liao B,Wang T M. Analysis of similarity/dissimilarity of DNA sequences based on 3-D graphical representation [J]. Chemical Physics Letters,2004,388(1/3):195-200.

[23] Liao B,Tan M S,Ding K Q. A 4D representation of DNA sequences and its application [J]. Chemical Physics Letters,2005,402(4/6):380-383.

[24] Gao J,Xu Z. Chaos game representation (CGR)-walk model for DNA sequences [J]. Chinese Physics B,2009,18(1):370-376.

[25] Wang S Y,Tian F C,Feng W J,et al. Applications of representation method for DNA sequences based on symbolic dynamics [J]. Journal of Molecular Structure: THEOCHEM,2009,909(1/3):33-42.

[26] Liu Y Z,Wang T M. Related matrices of DNA primary sequences based on triplets of nucleic acid bases [J]. Chemical Physics Letters,2006,417(1/3):173-178.