

坛子肉中氨基酸和脂肪酸营养品质评价

汪修意^{1*}, 徐文泱¹, 易守福¹, 陈同强¹, 李勇², 张红莉²

(1. 湖南省食品质量监督检验研究院, 长沙 410017; 2. 郴州市食品药品检验检测中心, 郴州 423000)

摘要: **目的** 评价坛子肉中氨基酸和脂肪酸的营养品质。**方法** 运用多种方法对坛子肉中氨基酸和脂肪酸的组成及含量进行测定, 并用必需氨基酸指数法(essential amino acid index method, EAAI)、氨基酸评分法(amino acid score, AAS)、化学评分法(chemical score, CS)评价坛子肉中蛋白质的营养价值。**结果** 坛子肉中氨基酸总量为 20.76%±0.21%, 8 种必需氨基酸占氨基酸总量的 42.60%, 4 种鲜味氨基酸占氨基酸总量的 36.90%, AAS 和 CS 均表明第一限制性氨基酸为色氨酸。坛子肉中粗脂肪含量为 28.15%±0.31%, 不饱和脂肪酸占脂肪酸总量的 70.79%±0.31%。必需氨基酸占氨基酸总量的 38.15%, 必需氨基酸与非必需氨基酸的比值为 61.68%。**结论** 坛子肉是一种具有独特风味的优质蛋白源以及具有均衡脂肪酸的高营养价值的肉制品。

关键词: 坛子肉; 氨基酸; 脂肪酸; 营养成分

Evaluation of nutritional quality of amino acid and fatty acid composition assay of fermented meat

WANG Xiu-Yi^{1*}, XU Wen-Yang¹, YI Shou-Fu¹, CHEN Tong-Qiang¹,
LI Yong², ZHANG Hong-Li²

(1. Hunan Research Institute of Food Quality Supervision and Inspection, Changsha 410017, China;
2. Chenzhou Center for Food and Drug Control, Chenzhou 423000, China)

ABSTRACT: Objective To evaluate the nutritional quality of amino acids and fatty acids in fermented meat. **Methods** The composition and content of amino acid and fatty acid in fermented meat were determined by various methods, the nutritional value of protein in pot meat were evaluated by the essential amino acid index method (EAAI), amino acid score (AAS) and chemical score (CS). **Results** The amino acid content in fermented meat was 20.76%±0.21%, 8 essential amino acids accounted for 42.60% of amino acid content, and 4 umami amino acids accounted for 36.90% of amino acid content. Both AAS and CS indicated that the first limiting amino acid was tryptophan. The content of crude fat in fermented meat was 28.15%±0.31%, and unsaturated fatty acids accounted for 70.79%±0.31% of total fatty acids. Essential amino acids accounted for 38.15% of the total amino acids, and the ratio of essential amino acids to non-essential amino acids was 61.68%. **Conclusion** Fermented meat is a great source of high protein with unique flavor, and a kind of meat product with balanced fatty acid nutritional value.

KEY WORDS: fermented meat; amino acid; fatty acid; nutrient components

基金项目: 湖南省食品药品安全科技项目(湘食药科 R201815)

Fund: Supported by the Science and Technology Project of Food and Drug Security in Hunan (R201815)

*通讯作者: 汪修意, 硕士, 工程师, 主要研究方向为食品工艺及安全。E-mail: wangxiuyi2011@126.com

*Corresponding author: WANG Xiu-Yi, Master, Engineer, Hunan Institute of Food Quality Supervision Inspection and Research, No. 238. Shi dai yang guang Road, Yuhua District, Changsha 410017, China. E-mail: wangxiuyi2011@126.com

1 引言

坛子肉是一种以猪肉为原料,借助微生物的自然发酵作用,经油炸、腌制、发酵、灭菌等工艺,得到的一种风味特殊且具有地域特色的肉制品。在加工过程中,猪肉中的脂类、糖类、氨基酸及肽类等物质经美拉德反应、焦糖反应、Strecker 分解、热降解、氧化水解等一系列的反应,产生如醇、醛、酮、羧酸、酯、内酯、呋喃、吡啶及其他含硫和卤素的化合物,最终形成入口化渣,肥而不腻,香而不艳,风味纯正的坛子肉。

食品中氨基酸和脂肪酸的营养品质评价是一种常用的评价食品营养价值的方法^[1-3]。李升升等^[4]通过对牦牛骨骼肌、平滑肌和心肌的一般成分及氨基酸和脂肪酸的研究,结果表明牦牛骨骼肌、平滑肌和心肌蛋白均属优质蛋白,具有较高营养价值,脂肪酸丰富,脂肪酸组成和比例具有较好开发价值;高媛等^[5]通过对风干牦牛肉原料及成品中氨基酸和脂肪酸组成变化,对风干牦牛肉的营养价值进行了评价,结果表明风干牦牛肉是一种具有优质蛋白以及均衡脂肪酸的高营养肉制品。由于目前对于坛子肉的研究报道还十分少见,对其营养价值的研究更少,为了对坛子肉的营养价值进行评价,本研究通过对其氨基酸和脂肪酸成分的组成进行测定与分析,依据氨基酸和脂肪酸的营养价值评价方法对坛子肉的营养品质进行评价,以期能够明确坛子肉的营养价值,为坛子肉的进一步研究与开发提供理论依据。

2 材料与方法

2.1 仪器与试剂

GC-2010 气相色谱谱仪(日本岛津公司); Biochrom 30+氨基酸分析仪(德国 Biochrom 公司); 37 种脂肪酸甲酯混标(上海安谱实验科技股份有限公司); 氨基酸混合标准溶液(99.5%以上,中国计量科学研究院); 无水乙醇(分析纯,国药集团化学试剂有限公司); 甲醇(色谱纯,上海安谱实验科技股份有限公司); 异辛烷(色谱纯,上海安谱实验科技股份有限公司); 盐酸溶液(6 mol/L)、柠檬酸钠缓冲溶液(pH2.2)、氢氧化钠溶液(500 g/L)(德国 Biochrom 公司); 脂肪酸混合标准溶液(99%以上,上海安谱公司)。

实验中所用的样品为湖南湘南郴州地区采集的传统制作的坛子肉,桂阳子龙郡食品有限公司,日期:2018/12/08,2019/03/15; 桂阳太和辣业有限公司,日期:2018/12/22,2019/04/16; 湖南桂阳川湘食品厂,日期:2018/11/20,2019/03/27。

2.2 实验方法

2.2.1 样品前处理

样品经打碎混匀后,于-80℃条件下冷冻 72 h,经真空

冷冻干燥后,并用万能粉碎机粉碎,于干燥器中贮存备用。

2.2.2 营养成分的测定方法

所有营养组分均按国家相关标准测定,水分含量测定: GB/T 5009.3-2010《食品安全国家标准 食品中水分的测定》^[6]; 粗蛋白含量测定: GB/T 5009.5-2016《食品安全国家标准食品中蛋白质的测定》^[7]; 粗脂肪含量测定: GB/T 5009.6-2016《食品安全国家标准食品中脂肪的测定》^[8]; 灰分含量测定: GB/T 5009.4-2016《食品安全国家标准食品中灰分的测定》^[9]; 氨基酸含量测定: GB/T 5009.124-2016《食品安全国家标准食品中氨基酸的测定》^[10]; 脂肪酸含量测定: GB/T 5009.168-2016《食品安全国家标准食品中脂肪酸的测定》^[11]第三法 归一化法。除色氨酸外,其余 17 种氨基酸均用 Biochrom 30+型氨基酸自动分析仪测定,其中胱氨酸在酸化水解前先进行甲酸氧化处理,色氨酸采用荧光分光光度法进行测定^[12-15]。

2.2.3 营养价值的评价方法

坛子肉氨基酸的营养评价根据 FAO/WHO 于 1973 年建议的氨基酸评分模式^[16,17]和中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所于 1991 年提出的鸡蛋蛋白质的氨基酸评分模式^[18,19],按照下列公式计算氨基酸评分(amino acid score, AAS)、化学评分(chemical score, CS)和必需氨基酸指数(essential amino acid index, EAAI)

$$AAS = \frac{\text{样品中某种必需氨基酸的含量}}{\text{FAO/WHO评分模型中相应必需氨基酸的含量}}$$

$$CS = \frac{\text{样品中某种必需氨基酸的含量}}{\text{鸡蛋蛋白质中相应的必需氨基酸的含量}}$$

$$EAAI = (\text{苏氨酸}_t / \text{苏氨酸}_s \times \text{天冬氨酸}_t / \text{天冬氨酸}_s \times \dots \times \text{精氨酸}_t / \text{精氨酸}_s)^n \times 100$$

式中: n 为比较氨基酸个数; t 为实验蛋白质中氨基酸含量; s 为比对标准蛋白质中氨基酸含量。

3 结果与分析

3.1 氨基酸成分分析

计算得坛子肉的蛋白质总含量为 20.76%±0.21%,含有常见的 18 种氨基酸,其中必需氨基酸占氨基酸总量达 42.60%,是一种优质的蛋白源食品。由表 1 可知,必需氨基酸中赖氨酸含量最高,占氨基酸总量的 8.97%;其次为亮氨酸和苏氨酸。赖氨酸具有促进人体生长发育、参与能量代谢、促进矿物质吸收和骨骼生长、增强免疫力功能、缓解焦虑情绪等功能^[20];亮氨酸具有抗溃疡、防辐射、抗菌、治癌、催眠、镇痛等功效^[21]。表 1 中必需氨基酸/氨基酸总量(essential amino acid, EAA/total amino acid, TAA)为 38.15%,必需氨基酸/非必需氨基酸(essential amino acid, EAA/non-essential amino acid, NEAA)为

61.68%, 根据 FAO/WHO 推荐的最佳配比模式^[22](质量较好的蛋白源其 EAA/TAA 为 40%左右, EAA/NEAA 在 60%以上), 得出坛子肉中的氨基酸模式符合 FAO/WHO 的推荐模式, 是一种质量较好的蛋白源。此外, 鲜味氨基酸的含量也是评价蛋白质质量中的一种方式, 坛子肉中天门冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸这 4 种鲜味氨基酸占总氨基酸量达 36.90%。

3.2 氨基酸营养价值评价

必需氨基酸的种类、数量和组成比例决定了食物蛋白的营养价值高低。坛子肉中必需氨基酸总量为 42.60%, 高于 FAO/WHO 所推荐的 36%, 低于鸡蛋蛋白中必需氨基酸总量 49%, 营养价值高于 FAO/WHO 推荐的蛋白食品, 与全鸡蛋模式相近。以 FAO/WHO 模式和全鸡蛋模式的必需氨基酸含量为标准, 可得出坛子肉中各必需氨基酸 AAS 和 CS 值, 见表 2。由表 2 可得, 按照 AAS 评

价, 坛子肉的第 1 限制氨基酸为色氨酸, 第 2 限制氨基酸为缬氨酸; 按照 CS 评价, 其第 1 限制氨基酸也为色氨酸, 第 2 限制氨基酸为甲硫氨酸和胱氨酸, 将坛子肉中必需氨基酸与 FAO/WHO 提出的理想蛋白质中必需氨基酸含量进行比较, 坛子肉中的赖氨酸、苯丙氨酸+酪氨酸、亮氨酸、苏氨酸高于理想模式, 异亮氨酸、甲硫氨酸+胱氨酸、缬氨酸接近理想模式; 与全鸡蛋模式中必需氨基酸含量相比, 坛子肉中的赖氨酸高于全鸡蛋模式, 苯丙氨酸+酪氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、苏氨酸接近全鸡蛋模式。AAS 评分中除色氨酸外, 其他必需氨基酸均在 0.80 以上, 说明坛子肉中必需氨基酸的组成和含量都是较理想模式。与 FAO/WHO 模式和全鸡蛋模式相比, 坛子肉中必需氨基酸指数(EAAI)分别为 107.30 和 74.20, 说明坛子肉中必需氨基酸均衡性好, 易于消化吸收, 属于优质蛋白质, 具有较高的营养价值。

表 1 坛子肉中氨基酸含量(n=3)
Table 1 Contents of amino acids in fermented meat (n=3)

	氨基酸种类	样品中含量/%	占氨基酸总量/%
必需氨基酸	赖氨酸(Lys)	1.86±0.04	8.97
	色氨酸(Trp)	0.094±0.01	0.45
	苯丙氨酸(Phe)	0.91±0.01	4.40
	亮氨酸(Leu)	1.77±0.05	8.51
	异亮氨酸(Ile)	0.84±0.03	4.05
	苏氨酸(Thr)	0.97±0.01	4.66
	甲硫氨酸(Met)	0.54±0.02	2.58
	缬氨酸(Val)	0.94±0.01	8.98
	天冬氨酸(Asp)	2.00±0.03	9.64
	酪氨酸(Tyr)	0.90±0.03	4.35
	组氨酸(His)	0.77±0.01	3.73
非必需氨基酸	脯氨酸(Pro)	0.94±0.03	4.53
	精氨酸(Arg)	1.47±0.02	7.07
	谷氨酸(Glu)	3.26±0.05	15.68
	丝氨酸(Ser)	0.87±0.03	4.20
	丙氨酸(Ala)	1.31±0.01	6.32
	甘氨酸(Gly)	1.09±0.02	5.26
	胱氨酸(Cys)	0.23±0.02	1.10
	氨基酸总量 TAA	20.76±0.21	-
	必需氨基酸 EAA	7.92±0.03	42.60
	非必需氨基酸 NEAA	12.84±0.12	-
	鲜味氨基酸 DAA	7.66±0.02	36.90
EAA/TAA/%	38.15	-	
DAA/TAA/%	36.90	-	
EAA/NEAA/%	61.68	-	

表 2 坛子肉中必需氨基酸 3 种模式的比较
Table 2 Comparison of three modes of essential amino acids in fermented meat

氨基酸种类	FAO/WHO(1981) (g/100 g 蛋白质)	鸡蛋蛋白质 (g/100 g 蛋白质)	坛子肉蛋白质 (g/100 g 蛋白质)	AAS	CS
赖氨酸(Lys)	5.50	7.00	8.97	1.63	1.28
色氨酸(Trp)	1.00	1.70	0.45	0.45*	0.26*
苯丙氨酸(Phe)+酪氨酸(Tyr)	6.00	9.30	8.75	1.46	0.94
亮氨酸(Leu)	7.00	8.60	8.51	1.22	0.99
异亮氨酸(Ile)	4.00	5.40	4.05	1.01	0.75
苏氨酸(Thr)	4.00	4.70	4.66	1.17	0.99
甲硫氨酸(Met)+胱氨酸(Cys)	3.50	5.70	3.68	1.05	0.65**
缬氨酸(Val)	5.00	6.60	4.50	0.90**	0.68
EAAAs	36.00	49.00	43.57	8.88	6.55
EAAI	107.30	74.20			

注：“*”为第一限制性氨基酸；“**”为第二限制性氨基酸。

3.3 坛子肉脂肪酸种类及含量分析

计算得坛子肉中粗脂肪含量为 $28.15\% \pm 0.31\%$ ，共检出 12 种脂肪酸，其中饱和脂肪酸 7 种，分别是肉豆蔻酸、棕榈酸、硬脂酸、花生酸、二十二碳酸、二十三碳酸和二十四碳酸；不饱和脂肪酸 5 种，其中包括单不饱和脂肪酸棕榈油酸和油酸，以及多不饱和脂肪酸亚油酸、亚麻酸和顺-8,11,14-二十碳三烯酸，约占脂肪酸总量的 $70.79\% \pm 0.31\%$ 。单不饱和脂肪酸对心血管疾病有重要意义，同时可降低血浆总胆固醇的水平，增强抗氧化酶的活性，还可降低血压和降低血糖以及防止记忆力下降、促进生长发育的作用^[5]。单不饱和脂肪酸中油酸最具代表性，坛子肉中的含量达 $31.43\% \pm 0.02\%$ ；多不饱和脂肪酸可降低血液胆固醇的含量，可降低血液粘稠度，改善血液微循环，提高脑细胞的活性，增强记忆力和思维能力。具有代表性即为亚油酸和亚麻酸，它们是人体不能合成的必需脂肪酸，在新陈代谢和生长发育过程中起重要作用，缺乏 EFA 时会影响生物活性物质合成，对人体皮肤健康、生长发育和免疫功能产生影响，如皮炎、生长迟缓等缺乏症^[5]，坛子肉中的亚油酸含量达 $38.36\% \pm 0.03\%$ ，亚麻酸含量达 $3.64\% \pm 0.03\%$ 。由表 3 可知，坛子肉中饱和脂肪酸含量较低，占脂肪酸总含量的 $25.49\% \pm 0.32\%$ ；单不饱和脂肪酸油酸占总含量的 $32.43\% \pm 0.74\%$ ，多不饱和脂肪酸亚油酸、亚麻酸和顺-8,11,14-二十碳三烯酸，三者占脂肪酸总含量 $42.08\% \pm 0.62\%$ 。n-6/n-3 比值为 0.021，远低于 HMSO(UK Department of Health)和我国推荐的人类食品中 n-6/n-3 比值最大安全上限 4.0^[23]。从脂肪酸组成和比例的角度来看，坛子肉具有较好的食用价值。

表 3 坛子肉中脂肪酸含量(n=3)
Table 3 Contents of fatty acids in fermented meat (n=3)

序号	脂肪酸	含量/%
1	饱和脂肪酸(SFA)	25.49±0.32
2	肉豆蔻酸(C14:0)	0.67±0.03
3	棕榈酸(C16:0)	17.07±0.02
4	硬脂酸(C18:0)	6.99±0.04
5	花生酸(C20:0)	0.28±0.02
6	二十二酸(C22:0)	0.21±0.01
7	二十三碳酸(C23:0)	0.15±0.03
8	二十四碳酸(C24:0)	0.13±0.02
9	单不饱和脂肪酸(MUFA)	32.43±0.74
10	棕榈油酸(C16:1)	1.00±0.01
11	油酸(C18:1)	31.43±0.02
12	多不饱和脂肪酸(PUFA)	42.08±0.62
13	亚油酸(C18:2)	38.36±0.03
14	亚麻酸(C18:3n3)	3.64±0.03
15	顺-8,11,14-二十碳三烯酸 (C20:3n6)	0.077±0.01
n-6/n-3		0.021

4 结论

坛子肉中含有 18 种氨基酸，蛋白质总含量为 $(20.76 \pm 0.21)\%$ ，其中必需氨基酸占氨基酸总量的 42.6%，

必需氨基酸/氨基酸总量(EAA/TAA)为 38.15%, 与 FOA/WHO 标准推荐的较好蛋白源接近, 必需氨基酸/非必需氨基酸(EAA/NEAA)为 61.68%, 高于 FOA/WHO 标准规定的 60%, 坛子肉中氨基酸丰富, 营养均衡性好, 属于优质蛋白源。坛子肉中含有 12 种脂肪酸, 单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸的含量分别为 (32.43±0.74)% 和 (42.08±0.62)%, 多不饱和脂肪酸中 n-6/n-3 比值为 0.021 远低于最大安全上限。总体来上, 坛子肉的氨基酸组成较合理, 脂肪酸组成丰富, 是一种富含多种氨基酸和脂肪酸且营养均衡的肉制品, 具有较高的食用价值。

参考文献

- [1] Kayode RMO, Olakulehin TF, Adedeji BS, *et al.* Evaluation of amino acid and fatty acid profiles of commercially cultivated oyster mushroom (*Pleurotus sajor-caju*) grown on gmelina wood waste [J]. *Niger Food J*, 2015, 33(1): 18–21.
- [2] Muralisankar T, Bhavan PS, Radhakrishnan S, *et al.* Growth performance, muscle biochemical constituents, amino acid and fatty acid compositions of the giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*, fed with herb-incorporated diet [J]. *Aquacult Nutr*, 2017, 23(4): 766–776.
- [3] Luo F, Xing R, Wang X, *et al.* Proximate composition, amino acid and fatty acid profiles of marine snail *Rapana venosa* meat, visceral mass and operculum [J]. *J Sci Food Agric*, 2017, 97(15): 5361–5368.
- [4] 李升升, 余群力. 牦牛骨骼肌、平滑肌和心肌氨基酸和脂肪酸组成分析及营养评价[J]. *营养学报*, 2018, 40(2): 96–98.
Li SS, Yu QL. Amino acid and fatty acid compositions and nutritional quality of skeletal smooth and cardiac muscles of yak [J]. *Acta Nutr Sin*, 2018, 40(2): 96–98.
- [5] 高媛, 黄彩霞, 冯岗, 等. 风干牦牛肉氨基酸与脂肪酸组成分析评价[J]. *食品工业科技*, 2013, 34(13): 317–320.
Gao Y, Huang CX, Feng G, *et al.* Amino acid and fatty acid composition assay of air-dried yak meat [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2013, 34(13): 317–320.
- [6] GB/T 5009.3-2010 食品安全国家标准 食品中水分的测定[S].
GB/T 5009.3-2010 National food safety standard-Determination of moisture in foods [S].
- [7] GB/T 5009.5-2016 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定[S].
GB/T 5009.5-2016 National food safety standard-Determination of protein in foods [S].
- [8] GB/T 5009.6-2016 食品安全国家标准 食品中脂肪的测定[S].
GB/T 5009.6-2016 National food safety standard-Determination of fat in foods [S].
- [9] GB/T 5009.4-2016 食品安全国家标准 食品中灰分的测定[S].
GB/T 5009.4-2016 National food safety standard-Determination of ash in foods [S].
- [10] GB/T 5009.124-2016 食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定[S].
GB/T 5009.124-2016 National food safety standard-Determination of amino acids in food [S].
- [11] GB/T 5009.168-2016 食品安全国家标准 食品中脂肪酸的测定[S].
GB/T 5009.168-2016 National food safety standard-Determination of fatty acids in food [S].
- [12] 陈四海, 区又君, 李加儿, 等. 广东池养梭鱼肌肉营养成分的分析及评价[J]. *广东农业科学*, 2011, (10): 109–113.
Chen SH, Ou YJ, Li JE, *et al.* Analysis and evaluation of nutrient components of *Liza haematocheila* muscle pond culture in Guangdong province [J]. *Guangdong Agric Sci*, 2011, (10): 109–113.
- [13] 许建和, 秦洁, 邹宽, 等. 漠斑牙鲆肌肉氨基酸和脂肪酸组成分析与营养品质评价[J]. *食品科学*, 2013, 34(15): 299–302.
Xu JH, Qin J, Zhou K, *et al.* Amino acid and fatty acid compositions and nutritional quality of muscle in southern flounder, *paralichthys lethostigma* [J]. *Food Sci*, 2013, 34(15): 299–302.
- [14] Radhakrishnan R, Pae SB, Kang SM, *et al.* An evaluation of amino acid, fatty acid and isoflavone composition in Korean peanut (*Arachis hypogaea* L.) seeds to improve the nutritional quality of breeding lines [J]. *J Korean Soc Appl Biol Chem*, 2014, 57(3): 301–305.
- [15] 李宁, 刘国际, 孙志武, 等. 野生青菜叶脂肪酸和氨基酸营养成分评价[J]. *安徽农业科学*, 2014, (7): 1925–1926.
Li N, Liu GJ, Sun ZW, *et al.* Nutritional evaluation of fatty acid and amino acid in *Helwingia japonica* [J]. *J Anhui Agric Sci*, 2014, (7): 1925–1926.
- [16] FAO/WHO. Energy and protein requirements [M]. Rome: FAO Nutrition Meeting Report Series, 1973.
- [17] Listed N. Energy and protein requirements. Report of a joint FAO/WHO ad hoc expert committee. Rome, 22 March–2 April 1971 [J]. *Fao Nutr Meet Rep Ser*, 1973, 522(52): 1–118.
- [18] Smith DJ. The pharmacokinetics, metabolism, and tissue residues of β -adrenergic agonists in livestock [J]. *J Anim Sci*, 1998, 6(1): 173–194.
- [19] 丁蕊艳, 郭长英, 范丽霞, 等. 牛乳及三种特色生鲜乳的蛋白质营养价值评价[J]. *山东农业科学*, 2018, 50(2): 124–127.
Ding RY, Guo CY, Fan LX, *et al.* Evaluation on protein nutritional value in cow milk and other three kinds of special raw milk [J]. *Shandong Agric Sci*, 2018, 50(2): 124–127.
- [20] 田颖, 时明慧. 赖氨酸生理功能的研究进展[J]. *美食研究*, 2014, 31(3): 60–64.
Tian Y, Shi MH. Progress in research on physiological functions of lysine [J]. *J Res Dietet Sci Cult*, 2014, 31(3): 60–64.
- [21] 孟仕平, 丁玉, 黄姗姗. L-亮氨酸的生理功能和分离纯化技术[J]. *食品工业科技*, 2011, (4): 397–400.
Meng SP, Ding Y, Huang SS. Physiological function and separation & purification technology of L-leucine [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2011, (4): 397–400.
- [22] 张开强, 韦荣编, 宋茹, 等. 北太平洋鱿鱼(*Todarodes pacificus*)内脏自溶液总氨基酸组成质量评价和体外抗氧化性分析[J]. *食品科学*, 2017, 38(1): 244–249.
Zhang KQ, Wei RB, Song R, *et al.* Total amino acid assessment and antioxidative activity of squid (*Todarodes pacificus*) viscera autolysates [J].

Food Sci, 2017, 38(1): 244–249.

- [23] 谢文平, 朱新平, 陈昆慈, 等. 四种罗非鱼营养成分的比较[J]. 营养学报, 2014, 36(4): 409–411.

Xie WP, Zhu XP, Chen KC, *et al.* Comparison of nutritional composition in muscle of four tilapia [J]. Acta Nutr Sin, 2014, 36(4): 409–411.

(责任编辑: 韩晓红)

作者简介



汪修意, 硕士, 工程师, 主要研究方向为食品工艺及安全。

E-mail: wangxiuyi2011@126.com