

老年营养鱼肉肠的研发及营养学评价

鲍佳彤¹, 杨淇越¹, 宁云霞¹, 王 洋², 梁丽雅¹, 李 玲¹, 马丽珍^{1,*}

(1.天津农学院食品科学与生物工程学院, 国家大宗淡水鱼加工技术研发分中心, 天津市水产品加工及质量安全校企协同创新重点实验室, 天津 300384; 2.天津农学院水产学院, 水产生态及养殖重点实验室, 天津 300384)

摘 要: 为开发一种适合老年人群食用的老年营养鱼肉肠 (nutritious fish sausage for the elderly, NFSE), 以富含优质蛋白的鱼糜、虾肉和鸡胸肉为主料, 以质构特性为响应值, 采用正交试验 ($L_9(3^4)$) 法筛选南瓜粉、菊粉、胡萝卜粉和全土豆粉的最适添加比例。应用模糊数学法对最优配比制备的产品进行感官评定, 并对其做质地剖面分析和营养学评价。结果表明: 南瓜粉、菊粉、胡萝卜粉和全土豆粉的最优添加量分别为肉总质量的1.0%、1.0%、1.2%和0.5%, 按此比例加工的NFSE产品模糊数学评定值为52.7%, 凝胶强度和硬度适中, 蛋白质含量高 (18.2 g/100 g); 产品中必需氨基酸/总氨基酸为38.7%, 必需氨基酸/非必需氨基酸为63.0%, 必需氨基酸指数为70.97, 第一限制性氨基酸为蛋氨酸+胱氨酸 (基于化学评分) 或苯丙氨酸+酪氨酸 (基于氨基酸评分); 9种不饱和脂肪酸占总脂肪酸的77.02%, 其中多不饱和脂肪酸占总脂肪酸的38.08%; 检测出的13种维生素中VE含量最高 (2.37 mg/100 g), 总膳食纤维含量为3.88%。

关键词: 老年营养鱼肉肠; 蔬菜粉; 感官评定; 质构特性; 营养学评价

Development and Nutritional Evaluation of a Nutritious Fish Sausage for the Elderly

BAO Jiatong¹, YANG Qiyue¹, NING Yunxia¹, WANG Yang², LIANG Liya¹, LI Ling¹, MA Lizhen^{1,*}

(1.Tianjin Aquatic Product Processing and Quality Safety School Enterprise Synergy Innovation Key Laboratory, National R&D Branch Center for Conventional Freshwater Fish Processing, College of Food Science and Biotechnology, Tianjin Agricultural University, Tianjin 300384, China; 2.Key Laboratory of Aquatic Ecology and Aquaculture, College of Fisheries, Tianjin Agricultural University, Tianjin 300384, China)

Abstract: The objective of the present study was to develop a nutritious fish sausage for the elderly (NFSE). Minced fish, shrimp and chicken breast were used as the main ingredients. An orthogonal array design $L_9(3^4)$ was used for screening for the best addition levels of pumpkin powder, inulin, carrot powder and whole potato powder based on texture characteristics. Subsequently, the optimized formulation was evaluated for sensory properties by fuzzy mathematics. Besides, texture profile analysis and nutrition evaluation were performed as well. The results showed that the optimal addition levels of pumpkin powder, inulin powder, carrot powder and whole potato powder was 1.0%, 1.0%, 1.2% and 0.5% as compared to the total mass of meat, respectively. The fuzzy mathematical evaluation value of this formation was 52.7%, the gel strength and hardness were both moderate, and the protein content was high (18.2 g/100 g). The essential amino acid/total amino acid ratio was 38.7%, the essential amino acid/non-essential amino acid ratio was 63.0%, and the essential amino acid index was 70.97. The first limiting amino acid was methionine + cystine (based on chemical score) or phenylalanine + tyrosine (based on amino acid score). Nine unsaturated fatty acids accounted for 77.02% of the total fatty acids, with polyunsaturated fatty acids accounting for 38.08%. Vitamin E content was the most abundant among the 13 tested vitamins (2.37 mg/100 g), and the total dietary fiber content was 3.88%.

收稿日期: 2019-03-01

基金项目: 天津市水产品加工及质量安全校企协同创新实验室建设项目 (17PTSJYC00140);

天津市现代农业 (水产) 产业技术体系创新团队项目 (水产加工岗位) (ITTFRS2017020)

第一作者简介: 鲍佳彤 (1996—) (ORCID: 0000-0002-7374-2633), 女, 硕士研究生, 研究方向为水产品加工品质与安全。

E-mail: 2454919080@qq.com

*通信作者简介: 马丽珍 (1963—) (ORCID: 0000-0003-2744-7171), 女, 教授, 博士, 研究方向为水产品加工原理与技术。

E-mail: Malizhen-6329@163.com



Keywords: nutritious fish sausage for the elderly; vegetable powder; sensory evaluation; texture characteristics; nutritional evaluation

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20190301-043

中图分类号: TS254.5

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123 (2019) 05-0029-07

引文格式:

鲍佳彤, 杨淇越, 宁云霞, 等. 老年营养鱼肉肠的研发及营养学评价[J]. 肉类研究, 2019, 33(5): 29-35. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20190301-043. <http://www.rlyj.net.cn>

BAO Jiatong, YANG Qiyue, NING Yunxia, et al. Development and nutritional evaluation of a nutritious fish sausage for the elderly[J]. Meat Research, 2019, 33(5): 29-35. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20190301-043. <http://www.rlyj.net.cn>

伴随着经济的快速增长和医疗条件的改善, 中国老年人口数量日益增加。因此, 老年食品的研发被提上了国家日程。由国家卫生健康委员会与国家市场监督管理总局联合颁布的《食品安全国家标准 老年食品通则(征求意见稿)》提出老年食品的定义, 将老年食品分为易食食品、老年营养配方食品和老年营养补充食品。此标准为高蛋白、高膳食纤维、高维生素、高矿物质、低脂肪、低胆固醇、低盐^[1]且易咀嚼^[2]的老年食品的研发提供了直接的参考依据。

目前, 我国适宜老年人群食用的加工食品种类非常有限, 主要以豆粉类、芝麻糊和谷物粉为主, 这些食品虽易于老年人吞咽, 但口感单一且难以满足老年人的营养需求。相比之下, 欧美等发达国家老年食品的种类相对完善^[3], 如甜玉米泥、米饭、面条等^[4]。一般来说, 老年人的体内代谢以分解为主, 因此老年人需要摄入一定量的优质蛋白, 以补充必需氨基酸, 鱼肉、虾肉和畜肉正是优质的蛋白源, 亦是老年食品原材料的首选。老年食品还需要提供富含不饱和脂肪酸的脂肪及各种维生素、矿物质, 并且还需要含有一定量的膳食纤维, 其有助于优化肠道功能^[5], 提高老年人对食物的吸收能力, 并能使肉糜制品的质构特性和保水性得到改善^[6]。但目前市场上的肉糜类制品脂肪含量偏高, 且不含膳食纤维等老年人必需的营养素。

本研究以富含优质蛋白的鱼糜、鸡肉和虾肉为主要原料, 通过添加南瓜粉、菊粉、胡萝卜粉和全土豆粉等提高产品中的膳食纤维含量, 开发一种老年营养鱼肉肠(nutritious fish sausage for the elderly, NFSE)。在单因素试验的基础上, 以质构特性为评价标准, 通过正交试验, 筛选南瓜粉、菊粉、胡萝卜粉和全土豆粉的适宜添加比例, 最后对加工的产品进行感官评定、质构特性和营养指标分析, 并对其做全面的营养学评价。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

海水鱼(红鲛鱼)糜 荣成海龙王水产食品有限公司; 虾肉(南美白对虾) 天津海升水产养殖有限公司; 冷冻去皮鸡大胸 美国Tyson公司; 复合磷酸盐、抗坏血酸钠 江阴联盛化工有限公司; 大豆分离蛋白粉 安阳市得天力食品有限公司; 木薯淀粉 权鑫鸿业(天津)国际贸易有限公司; 南瓜粉、菊粉、胡萝卜粉、全土豆粉 天津秀谷生物科技发展有限公司; 魔芋粉 豪州宝丰生物科技有限公司; 转谷氨酰胺酶(transglutaminase, TGase)(活力100 U/g) 江苏一鸣生物股份有限公司; 结冷胶 郸城财鑫糖业责任有限公司; 鱼油 美国GNC健安喜公司; 淡水鱼(草胡子鲶鱼)糜、食盐、鸡蛋、葵花籽油、香辛料等 天津市红旗农贸市场。

脂肪酸甲酯混合标准品 Sigma-Aldrich(上海)贸易有限公司; 硫酸铜、硫酸钾、浓硫酸、硼酸、氢氧化钠、甲基红、溴甲酚绿、盐酸、无水乙醚、苯酚、葡萄糖、淀粉酶、碘化钾、碘、铬酸钾、酚酞、硝酸、乙醇(纯度≥95%)、焦性没食子酸、石油醚、三氟化硼甲醇、无水硫酸钠、氯化钠(均为分析纯)、甲醇、正庚烷、正己烷(均为色谱纯) 国药集团化学试剂有限公司。

1.2 仪器与设备

CM-14斩拌机 西班牙美卡公司; CM-5色差仪 日本Konica Minolta公司; TA-XT plus物性测定仪 英国Stable Micro System公司; 3K15离心机 德国Sigma公司; BZZT-IV-90蒸煮桶 嘉兴艾博实业有限公司; IMS-50制冰机 河南兄弟仪器设备有限公司; TV-5L不锈钢灌肠机 广东乐王实业有限公司; 移液枪 德国Eppendorf公司; 7890A气相色谱仪 美国安捷伦公司; L-2000高效液相色谱仪 日本日立公司; TU-1800紫外分光光度计 日本Hmadzu公司; UDK142半自动凯氏



定氮仪、DKL消化炉 意大利Velp公司；DZF-6020真空干燥箱 上海博迅实业有限公司；LLJ-A10T1绞肉机 广东小熊电器有限公司。

1.3 方法

1.3.1 NFSE的加工

1.3.1.1 基本配方

海水鱼糜250 g、淡水鱼糜250 g、鸡胸肉100 g、虾肉50 g、复合磷酸盐2 g、白砂糖10 g、葡萄糖10 g、食盐10 g、大豆分离蛋白35 g、TGase 2.5 g、植物油50 g、木薯淀粉30 g、结冷胶1 g、鱼油0.15 g、香精香料适量、冰水适量、蔬菜粉按照配方设计添加。

1.3.1.2 工艺流程

冷冻鱼糜→半解冻→擂溃→真空充填→二段加热→冷却→成品

1.3.1.3 操作要点

1) 擂溃：先将半解冻的冷冻鱼糜空擂1 min，再加入一半的食盐盐擂30 s后，依次加入事先腌制的鸡肉、虾肉、另一半食盐、TGase、大豆分离蛋白及其他辅料和各种蔬菜粉，最后加入淀粉，总斩拌时间不超过6 min；2) 真空充填：将斩拌充分的馅料用不锈钢灌肠机灌入肠衣中，排气打扣；3) 二段加热：先在40℃保温1 h，再直接放入90℃沸水中加热30 min；4) 冷却：将加热后的NFSE用碎冰降温，随后放入4℃冰箱中冷却，待温度降低，即为NFSE成品。

1.3.2 设计方案

1.3.2.1 NFSE中蔬菜粉添加比例的确定

在本研究前期基础配方基础上，设计南瓜粉（0.25%、0.50%、1.00%、1.50%、2.00%）、菊粉（0.25%、0.50%、1.00%、1.50%、2.00%）、胡萝卜粉（0.2%、0.4%、0.8%、1.2%、1.6%）和全土豆粉添加量（0.25%、0.50%、1.00%、1.50%、2.00%）的单因素试验，以NFSE硬度为考核指标，确定南瓜粉、菊粉、胡萝卜粉和全土豆粉的因素水平。然后按照4因素3水平 $L_9(3^4)$ 设计正交试验，因素水平编码表如表1所示。4种蔬菜粉的具体添加量按照基础配方中鱼糜+虾肉+鸡胸肉总质量650 g计。按照表1的比例加工出9组NFSE，以质地剖面分析（texture profile analysis, TPA）中的硬度指标作为考核依据。

表1 正交试验因素水平编码表

Table 1 Code and level of independent variables used for orthogonal array design

水平	因素			
	A南瓜粉添加量/%	B菊粉添加量/%	C胡萝卜粉添加量/%	D全土豆粉添加量/%
1	0.5	0.5	0.4	0.5
2	1.0	1.0	0.8	1.0
3	1.5	1.5	1.2	1.5

1.3.2.2 NFSE的品质特性和营养指标分析

按照正交试验得到的南瓜粉、菊粉、胡萝卜粉和全土豆粉最佳添加量进行验证实验，加工出NFSE，进行品质特性和营养指标分析。

1.3.3 指标测定

1.3.3.1 感官评定

参考GB/T 16291.1—2012《选拔培训与管理评价员一般导则 第1部分：优选评价员》^[7]，由15位（7男8女）专业评价员组成评价小组。将加工好的NFSE剥去外层塑料肠衣，切成长约0.5 cm的圆形片状，对色泽、质地、滋味和整体可接受度4个指标进行感官评价，结果分为优、良、中、差4个等级，感官评价标准如表2所示，采用模糊数学评价法计算结果。

表2 NFSE感官评价标准

Table 2 Criteria for sensory evaluation of NFSE

感官指标	等级			
	优	良	中	差
色泽	色泽均匀，有光泽	色泽较好，有一定光泽	色泽一般	基本无光泽
质地	质地致密，弹性大，软硬度适中	质地较致密，有一定弹性	质地粗糙，弹性一般	质地粗糙，弹性差，肉质差
滋味	香味浓郁，无异味	香味较浓，无异味	香味一般，略有腥味	有异味、腥味
整体可接受度	鲜嫩可口，整体可接受度高	整体可接受度较好	整体可接受度一般	整体可接受度差

1.3.3.2 质构分析（TPA）

将样品切成15 mm×15 mm×15 mm的立方体，使用物性测定仪，P/35探头，设置测试全过程速率为1 mm/s，应变50%，触发力5 g，测试结果由软件读数自动得出。每个处理组包含5个平行试样，结果取5个试样的平均值。

1.3.3.3 凝胶强度测定

将样品切成高25 mm的圆柱体，使用物性测定仪，P/5S球形探头，设置测前速率1.00 mm/s、测中速率1.10 mm/s、测后速率10.00 mm/s，位移15 mm，触发力10 g。测试结果选择凝胶曲线上第1个峰所在位置的破断力（g）和破断距离（mm），二者乘积即为凝胶强度（g·mm）。每个处理组包含5个平行试样，结果取5个试样的平均值。

1.3.3.4 持水力测定

将样品切成厚约3 mm的薄片，称取样品质量，记为 m_1 ；用滤纸包住样品放入10 mL离心管中，在15℃、6 000×g条件下离心10 min，离心结束后立即取下滤纸，测定离心后样品的质量，记为 m_2 ，每个样品平行测定3次。持水力（可压出水分）按照公式（1）计算。

$$\text{可压出水分}/\% = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \quad (1)$$

1.3.3.5 基础营养成分测定

蛋白质：参照GB 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》；脂肪：参照GB 5009.6—2016

《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》；总糖：参照GB/T 9695.31—2008《肉制品 总糖含量测定》；灰分：参照GB 5009.4—2016《食品安全国家标准 食品中灰分的测定》；氯化物：参照GB 5009.44—2016《食品安全国家标准 食品中氯化物的测定》；水分：参照GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》；每个样品每个指标均平行测定3次，最终结果取3次平均值。

能值和能值与蛋白质含量比值（energy to protein ratio, E/P）^[8]：按每克蛋白质能值为23.64 kJ、每克脂肪能值为39.54 kJ、每克碳水化合物能值为17.15 kJ计算NFSE的能值及E/P。

1.3.4 NFSE的营养学评价

从氨基酸种类、氨基酸评分、脂肪中各不饱和脂肪酸的比例、维生素及膳食纤维等方面对NFSE进行营养学评价，评价其对老年人群的食用价值。

1.3.4.1 营养成分的测定

脂肪酸：参照GB 5009.168—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪酸的测定》，内标物为十七烷酸甲酯；氨基酸：参照GB 5009.124—2016《食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定》；维生素：VA、 δ -VE、 γ -VE、 α -VE、VE：参照GB 5009.82—2016《食品安全国家标准 食品中维生素A、D、E的测定》；VB₁：参照GB 5009.84—2016《食品安全国家标准 食品中维生素B₁的测定》；VB₂：参照GB 5009.85—2016《食品安全国家标准 食品中维生素B₂的测定》；VB₆：参照GB 5009.154—2016《食品安全国家标准 食品中维生素B₆的测定》；VK₁：参照GB 5009.158—2016《食品安全国家标准 食品中维生素K₁的测定》；烟酸：参照GB 5009.89—2016《食品安全国家标准 食品中烟酸和烟酰胺的测定》；叶酸：参照GB 5009.211—2014《食品安全国家标准 食品中叶酸的测定》；VB₁₂：参照GB 5413.14—2010《食品安全国家标准 婴幼儿食品和乳品中维生素B₁₂的测定》；膳食纤维：采用AOAC Official Method《2009.01 Total Dietary Fiber in Food》中的方法。

1.3.4.2 营养学评价

根据联合国粮农组织/世界卫生组织（United Nations Food Agriculture Organization/World Health Organization, FAO/WHO）1973年建议提出的氨基酸评分标准模式（%，干质量）和全鸡蛋蛋白质的氨基酸模式（%，干质量），分别按照公式（2）～（4）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）^[9]。

$$AAS = \frac{\text{试样氨基酸含量}}{\text{FAO/WHO评分标准模式中同种氨基酸含量}} \quad (2)$$

$$CS = \frac{\text{试样氨基酸含量}}{\text{全鸡蛋蛋白质中同种氨基酸含量}} \quad (3)$$

$$EAAI = \sqrt[n]{\frac{100a}{ae} \times \frac{100b}{be} \times \frac{100c}{ce} \times \dots \times \frac{100j}{je}} \quad (4)$$

式中： n 为比较的必需氨基酸个数； a 、 b 、 c 、...、 j 为样品中蛋白质的必需氨基酸含量/（mg/g）； ae 、 be 、 ce 、...、 je 为全鸡蛋蛋白质中必需氨基酸含量/（mg/g）。

1.4 数据处理

采用Microsoft Excel 2003软件整理实验数据，计算和分析标准偏差。

2 结果与分析

2.1 正交试验结果

表3 正交试验结果及分析
Table 3 Results and analysis of orthogonal array design

试验号	因素水平				硬度/g
	A	B	C	D	
1	1	1	1	1	2 146.58±167.63
2	1	2	2	2	2 200.05±151.99
3	1	3	3	3	2 200.43±62.95
4	2	1	2	3	2 557.35±501.21
5	2	2	3	1	3 040.31±215.95
6	2	3	1	2	2 568.04±239.67
7	3	1	3	2	2 613.15±141.19
8	3	2	1	3	2 278.78±157.49
9	3	3	2	1	2 726.23±190.27
k_1	6 547.06	7 317.08	6 993.40	7 913.12	
k_2	8 165.70	7 519.14	7 483.63	7 381.62	
k_3	7 618.16	7 494.70	7 853.89	7 036.56	
R	1 618.64	202.06	860.49	876.56	

由表3可知，通过比较极差值大小可得出，4种蔬菜粉对NFSE硬度的影响由强到弱依次为南瓜粉、全土豆粉、胡萝卜粉和菊粉。由于4种蔬菜粉自身质地较粗糙，为使NFSE能形成更好的凝胶状态，最终依据4种蔬菜粉的 k_1 、 k_2 、 k_3 ，选取其中最大值所对应的水平为该种蔬菜粉的最佳添加水平，故优选的4种蔬菜粉添加比例为 $A_2B_2C_3D_1$ ，即南瓜粉、菊粉、胡萝卜粉和全土豆粉的添加量分别为肉总质量的1.0%、1.0%、1.2%和0.5%。

根据筛选的4种蔬菜粉添加量进一步做验证实验，制得质地细腻、鲜香味美的NFSE产品，并对所加工的产品进行营养分析。

2.2 NFSE感官品质分析结果

根据NFSE产品色泽、质地、滋气味和整体可接受度的重要性，权重系数确定为： $X = \{X_1, X_2, X_3, X_4\} = \{0.10, 0.40, 0.20, 0.30\}$ ，即色泽0.10、质地0.40、滋气味0.20、整体可接受度0.30。15位专业评价员对产品的感官评定结果如表4所示。



表4 NFSE产品感官评价结果

Table 4 Sensory evaluation results of NFSE product

项目 (权重)	优	良	中	差
色泽 (0.10)	9	6	0	0
质地 (0.40)	7	8	0	0
滋气味 (0.20)	9	2	3	1
整体可接受度 (0.30)	8	4	3	0

汇总感官评定结果并进行统计, 将评价结果除以总人数得到模糊矩阵 $R^{[10]}$ 。

$$R = \begin{bmatrix} 0.60 & 0.40 & 0.00 & 0.00 \\ 0.47 & 0.53 & 0.00 & 0.00 \\ 0.60 & 0.13 & 0.20 & 0.07 \\ 0.53 & 0.27 & 0.20 & 0.00 \end{bmatrix}$$

根据模糊关系评判原理, 模糊关系评判集 $Y=X \cdot R$, 其中 X 为权重集, R 为模糊矩阵。对NFSE产品进行综合评定的结果如下:

$$Y=X \cdot R = \{0.10 \ 0.40 \ 0.20 \ 0.30\} \cdot \begin{bmatrix} 0.60 & 0.40 & 0.00 & 0.00 \\ 0.47 & 0.53 & 0.00 & 0.00 \\ 0.60 & 0.13 & 0.20 & 0.07 \\ 0.53 & 0.27 & 0.20 & 0.00 \end{bmatrix} = \{0.527 \ 0.359 \ 0.100 \ 0.014\}$$

由矩阵计算得到 $Y=\{0.527 \ 0.359 \ 0.100 \ 0.014\}$, 说明有52.7%的评定人员认为NFSE的品质为优级。

2.3 NFSE质构特性分析

表5 NFSE产品的质构特性

Table 5 Texture characteristics of NFSE products

检测项目	硬度/g	弹性	内聚性	咀嚼性/g	回复性
结果	3 662.90±174.77	0.89±0.01	0.75±0.01	2 431.74±153.89	0.38±0.01
检测项目	破断力/g	破断距离/mm	凝胶强度/(g·mm)	可压出水分/%	
结果	409.57±27.62	6.11±0.35	2 509.23±283.06	9.89±0.86	

由表5可知: NFSE凝胶强度(2 509.23 g·mm)适中, 破断力(409.57 g)高, 但破断距离(6.11 mm)略低, 说明凝胶的结合性略差; 回复性(0.38)、咀嚼性(2 431.74 g)、硬度(3 662.90 g)、弹性(0.89)和内聚性(0.75)均高于熊凤娇等^[11]在测定鱼豆腐时的TPA相对应值, 但NFSE硬度低于南湾鲢鱼鱼肉火腿肠硬度(8 482±376 g)^[12], 故NFSE硬度适中, 较适合老年人食用; NFSE持水力高, 可压出水分(9.89%)低于添加8%乳清蛋白粉的鱼糜制品(12.6%)^[13], 这主要是由于NFSE配方中的TGase、大豆分离蛋白粉、结冷胶、魔芋粉、木薯淀粉和4种蔬菜粉共同与鱼糜所含蛋白质等相互作用, 形成更加紧密的三维网状结构并锁住水分, 起到稳定蛋白质的作用。

2.4 NFSE基本营养成分分析

由表6可知, 所开发的NFSE蛋白质含量(18.20 g/100 g)较高, 远高于熊凤娇等^[14]得出的其他鱼糜制品(如糖果鱼豆腐、淡水丸、虾丸和海螺丸等)的蛋白质含量(8.2~14.2 g/100 g), 这主要是由于

NFSE的配方设计中加入了较高比例的优质鱼肉和虾肉。人体衰老过程中蛋白质以分解代谢为主, 故老年人需要有足够的蛋白质来补充体内的消耗, 并且蛋白质可以保护肝脏的正常功能, 增强人体抵抗力, 促进血红蛋白合成^[15]。NFSE的脂肪含量为6.90 g/100 g, 脂肪的生理功能主要是增加饱腹感、改善食物的感官形状、提供和促进脂溶性维生素吸收。本产品中添加了富含不饱和脂肪酸的植物油脂(葵花籽油), 产品中脂肪的能值(272.83 kJ/100 g)占总能值(1 041.44 kJ/100 g)的26.2%, 对老年人来说, 这一比例处于较适宜的范围; NFSE的氯化物含量为1.03 g/100 g, 低于刘海波等^[16]检测的市场上各类食品中氯化钠的含量, 因此NFSE较适合老年人食用, 符合老年人对身体健康的需求。

表6 NFSE的基本营养成分分析

Table 6 Nutritional composition analysis of optimized NFSE

检测项目	蛋白质含量/(g/100 g)	脂肪含量/(g/100 g)	总糖含量/(g/100 g)	灰分含量/(g/100 g)
结果	18.20±0.16	6.90±0.02	19.73±0.21	2.48±0.01
检测项目	水分含量/(g/100 g)	氯化物含量/(g/100 g)	能值/(kJ/100 g 湿质量)	E/P/(kJ/g)
结果	59.36±0.30	1.03±0.00	1 041.44±8.17	57.22

2.5 NFSE氨基酸营养学评价

表7 NFSE中氨基酸的组成与含量

Table 7 Amino acid composition of optimized NFSE

氨基酸名称	氨基酸含量/(mg/g湿质量)	在总氨基酸中的比例/%	NFSE所含蛋白质中氨基酸含量/(mg/g干质量)
天冬氨酸(Asp)***	15.4	10.50	84.62
谷氨酸(Glu)***	27.6	18.81	151.65
甘氨酸(Gly)***	6.8	4.64	37.36
丙氨酸(Ala)***	8.4	5.73	46.15
组氨酸(His)**	3.6	2.45	19.78
精氨酸(Arg)**	10.0	6.82	54.95
苏氨酸(Thr)*	6.5	4.43	35.71
缬氨酸(Val)*	7.2	4.91	39.56
蛋氨酸(Met)*	4.1	2.79	22.53
异亮氨酸(Ile)*	6.7	4.57	36.81
亮氨酸(Leu)*	12.8	8.73	70.33
苯丙氨酸(Phe)*	5.7	3.89	31.32
赖氨酸(Lys)*	12.3	8.38	67.58
色氨酸(Trp)*	1.4	0.95	7.69
丝氨酸(Ser)	6.5	4.43	35.71
酪氨酸(Tyr)	4.9	3.34	26.92
脯氨酸(Pro)	5.6	3.82	30.77
胱氨酸(Cys)	1.2	0.82	6.59
TAA	146.7	100.00	806.03
EAA	56.7	38.65	
HEAA	13.6	9.27	
NEAA	90.0	58.71	
DAA	58.2	39.67	
EAA/NEAA/%	63.0		
EAA/TAA/%	38.7		
DAA/TAA/%	39.67		

注: *, 必需氨基酸; **, 半必需氨基酸; ***, 鲜味氨基酸; TAA, 总氨基酸(total amino acids); EAA, 必需氨基酸(essential amino acid); HEAA, 半必需氨基酸(half essential amino acids); NEAA, 非必需氨基酸(non-essential amino acid); DAA, 鲜味氨基酸(delicious amino acid)。

表8 NFSE中氨基酸的营养学评价

Table 8 Nutritional evaluation of amino acids in optimized NFSE

氨基酸种类	含量/(mg/g)			CS	AAS
	NFSE	鸡蛋蛋白质	WHO/FAO		
异亮氨酸	230.06	331	250	0.70	0.92
亮氨酸	439.56	534	440	0.82	1.00
苏氨酸	223.19	292	250	0.76	0.89
缬氨酸	247.25	411	310	0.60**	0.80**
蛋氨酸+胱氨酸	182.00	386	220	0.47*	0.83
苯丙氨酸+酪氨酸	288.44	386	380	0.75	0.76*
赖氨酸	422.38	441	340	0.96	1.24
合计	2 032.88	2 960	2 190	0.69	0.93
占氨基酸总量/%	40.35	48.08	35.38		
EAAI	70.97				

注：*，第一限制性氨基酸；**，第二限制性氨基酸。

氨基酸的种类和含量决定着蛋白质品质的优劣，8种人体必需氨基酸含量的高低和构成比例是决定蛋白质营养价值的重要因素^[17]。FAO/WHO的理想模式认为：当EAA/TAA为40%左右，EAA/NEAA高于60%时，蛋白质的营养价值较好^[18]。由表7~8可知，NFSE中共含有18种氨基酸，总氨基酸含量为146.7 mg/g，必需氨基酸和鲜味氨基酸含量分别为56.7、58.2 mg/g，在总氨基酸含量中所占比例分别为38.65%和39.67%。本研究的NFSE中EAA/TAA为38.7%，EAA/NEAA为63.0%，EAAI为70.97，非常接近FAO/WHO的标准。根据CS分析，NFSE的第一限制性氨基酸为蛋氨酸+胱氨酸，而AAS分析中第一限制性氨基酸为苯丙氨酸+酪氨酸，2种评分分析的第二限制性氨基酸均为缬氨酸。在今后对于NFSE的进一步研发中，可以考虑适当增加这几种限制性氨基酸的添加。

NFSE产品中，DAA/TAA为39.67%，几乎接近新鲜牡蛎的DAA/TAA（37.75%）^[19]，这些鲜味氨基酸包括谷氨酸（27.6 mg/g）和天冬氨酸（15.4 mg/g），使NFSE的味道鲜美。必需氨基酸中含量最高的是亮氨酸（12.8 mg/g）和赖氨酸（12.3 mg/g），占比分别为8.73%和8.38%。有相关研究得出，亮氨酸能促进脂肪组织的分解，降低血清胆固醇，从而有效改善由高脂、高胆固醇膳食引起的肥胖和能量代谢^[20]。赖氨酸能提高人体对食物中营养物质的吸收^[21]，尤其是增强对蛋白质的吸收和利用。

2.6 NFSE脂肪酸营养学评价

由表9可知，NFSE中共检测出19种脂肪酸，高于金线鱼鱼糜饼脂肪酸种类（15种脂肪酸）^[22]。其中，SFA占25.51%，高于金线鱼鱼糜饼（20%）^[22]；9种UFA相对含量总和为77.02%，与金线鱼鱼糜饼相近（79.85%）^[22]；UFA中的PUFA有6种，相对含量总和38.08%。SFA、MUFA、PUFA三者之比为1.00:1.52:1.49，远超过FAO/WHO和中国营养学会等权威机构提出的1:1:1的比例，SFA的比例明显低于MUFA和PUFA，这对维持老年人饮食上的营养均衡具有重要意义。

表9 NFSE中脂肪酸的组成及相对含量

Table 9 Fatty acid composition of optimized NFSE

脂肪酸种类	脂肪酸名称	结构缩写	相对含量/%
SFA	丁酸 (butyric)	C _{4:0}	0.27±0.21
	己酸 (caproic)	C _{6:0}	0.17±0.09
	肉蔻酸 (myristic)	C _{14:0}	0.41±0.01
	十五(烷)酸 (pentadecanoic)	C _{15:0}	0.11±0.00
	棕榈酸 (palmitic)	C _{16:0}	14.66±0.20
	珍珠酸 (margaric)	C _{17:0}	1.09±0.12
	十八(烷)酸 (stearic)	C _{18:0}	4.62±0.04
	花生酸 (nonadecanoic acid)	C _{20:0}	0.29±0.01
	山俞酸 (docosanoic acid)	C _{22:0}	0.90±0.01
	木蜡酸 (lignoceric acid)	C _{24:0}	0.99±0.00
MUFA	棕榈油酸 (palmitoleic)	C _{16:1}	1.14±0.02
	油酸甲酯 (methyl oleate)	C _{18:1 n-7c}	37.17±0.15
PUFA	芥酸 (erucic)	C _{22:1}	0.63±0.03
	亚油酸 (linoleic acid)	C _{18:2 n-6}	31.13±0.10
	γ-亚麻酸 (γ-linolenic acid, γ-LNA)	C _{18:3 n-6}	1.21±0.01
	花生三烯酸 (eicosatrienoic acid)	C _{20:3 n-6}	3.09±0.07
	α-亚麻酸 (alpha-linolenic acid, ALA)	C _{18:3 n-3}	0.70±0.01
	二十碳五烯酸 (eicosapentaenoic acid, EPA)	C _{20:5 n-3}	0.60±0.02
	二十二碳六烯酸 (docosahexenoic acid, DHA)	C _{22:6 n-3}	1.35±0.04
	SFA		25.51
	UFA		77.02
	MUFA		38.94
	PUFA		38.08
	n-3 PUFA		2.65
	n-6 PUFA		35.43
	EPA+DHA		1.95
	n-3 PUFA/n-6 PUFA		7.5

注：SFA，饱和脂肪酸 (saturated fatty acid)；UFA，不饱和脂肪酸 (unsaturated fatty acid)；MUFA，单不饱和脂肪酸 (monounsaturated fatty acid)；PUFA，多不饱和脂肪酸 (polyunsaturated fatty acid)。

PUFA根据结构可以分为n-3和n-6 2个系列。NFSE中n-3 PUFA有3种，相对含量总和2.65%，n-6 PUFA亦有3种，相对含量总和35.43%。n-6型脂肪酸含量较高的主要为亚油酸 (C_{18:2 n-6}) 和花生三烯酸 (C_{20:3 n-6})，分别占总脂肪酸含量的31.13%和3.09%。NFSE中n-3型脂肪酸含量较高的是DHA (C_{22:6 n-3})，其次是ALA (C_{18:3 n-3}) 和EPA (C_{20:5 n-3})，相对含量分别为1.35%、0.70%和0.60%。

2.7 NFSE维生素营养学评价

表10 NFSE中维生素种类及含量

Table 10 Vitamin composition of optimized NFSE

维生素种类	含量	维生素种类	含量
VA/ (μg/100 g)	23.5	γ-VE/ (mg/100 g)	1.00
VB ₁ / (mg/100 g)	<0.10	α-VE/ (mg/100 g)	1.35
VB ₂ / (mg/100 g)	<0.05	VE/ (mg/100 g)	2.37
VB ₃ / (mg/100 g)	0.06	烟酸/ (mg/100 g)	1.60
VD ₃ / (μg/100 g)	<0.7	叶酸/ (μg/100 g)	76.9
VK ₁ / (μg/100 g)	<1.5	VB ₁₂ / (μg/100 g)	1.3
δ-VE/ (μg/100 g)	24.3		

由表10可知，NFSE中共检出13种维生素，其中VE含量最高，为2.37 mg/100 g。VE是一种脂溶性维生素，具有8种表现形式，本产品中检测到δ-VE、γ-VE、



α -VE 3 种。其次是烟酸，含量为1.60 mg/100 g。叶酸的含量为76.9 μ g/100 g，正常人每日的叶酸需要量约为60 μ g。VA的含量为23.5 μ g/100 g。

2.8 NFSE膳食纤维营养学评价

表 11 NFSE中膳食纤维含量
Table 11 Dietary fiber content in optimized NFSE

膳食纤维种类	不溶性膳食纤维和酒精可沉淀可溶性膳食纤维	非可沉淀可溶性膳食纤维	总膳食纤维
含量/%	1.66	2.22	3.88

由表11可知，NFSE中不溶性膳食纤维和酒精可沉淀可溶性膳食纤维含量为1.66%，非可沉淀可溶性膳食纤维含量为2.22%，总膳食纤维含量为3.88%，实现了最初配方设计中利用添加南瓜粉、菊粉、胡萝卜粉、全土豆粉、魔芋粉和木薯淀粉在不影响产品质构特性的同时，提高终端产品中膳食纤维含量的目的，使膳食纤维与肉品优势互补。由此可以说明，本研究开发的NFSE富含膳食纤维，对保持老年人的健康具有重要意义。

3 结 论

南瓜粉、菊粉、胡萝卜粉和全土豆粉添加量分别为肉总质量的1.0%、1.0%、1.2%和0.5%时，产品感官品质最优，凝胶强度（2 509.23 g·mm）和硬度（3 662.90 g）适中，具有较好的弹性（0.89）和内聚性（0.75），持水力较高（可压出水分9.89%）；NFSE中水分含量为59.36 g/100 g，蛋白质含量18.2 g/100 g，粗脂肪含量6.90 g/100 g，灰分含量2.48 g/100 g，氯化物含量1.03 g/100 g，能值1 041.14 kJ/100 g，E/P 57.21 kJ/g；检测出的18种氨基酸总量为146.7 mg/g湿质量，EAA/TAA为38.7%，EAA/NEAA为63.0%，EAAI为70.97，符合FAO/WHO标准。根据CS和AAS分析，NFSE的第一限制性氨基酸不同，分别为蛋氨酸+胱氨酸（CS）和苯丙氨酸+酪氨酸（AAS），而第二限制性氨基酸相同，均为缬氨酸。从AAS分析，赖氨酸和亮氨酸含量丰富，AAS分别为1.24和1.00；鲜味氨基酸含量占氨基酸总量的39.67%，使NFSE的味道鲜美。10种SFA相对含量总和为25.51%，9种UFA相对含量总和为77.02%（其中PUFA占38.08%），SFA、MUFA、PUFA三者之比为1.00:1.52:1.49；检测出维生素13种，其中VE含量丰富（2.37 mg/100 g），其次依次为烟酸（1.60 mg/100 g）、叶酸（76.9 μ g/100 g）；总膳食纤维含量为3.88%。

由此可见，NFSE不仅质地优良，且富含优质蛋白质，氨基酸和脂肪酸评价高，维生素种类丰富，膳食纤维含量高，故NFSE营养丰富、味道鲜美、食用价值较高，较适合老年人食用，可为老年食品的开发提供数据支持。

参考文献：

- [1] 黄桂英. 老年营养制度和老年食品开发[J]. 山西食品工业, 2003(2): 43-44. DOI:10.3969/j.issn.1673-6044.2003.02.017.
- [2] 姜辉, 刘丽梅. 老年人气道保护功能的研究进展[J]. 华南国防医学杂志, 2017(8): 566-568.
- [3] 陈历水, 丁庆波, 王治, 等. 老年人功能食品的研究与开发[J]. 食品研究与开发, 2012, 33(9): 183-188.
- [4] 陈建设, 吕治宏. 老年饮食障碍与老年食品:食品工业的挑战与机遇[J]. 食品科学, 2015, 36(21): 310-315. DOI:10.7506/spkx1002-6630-2015121057.
- [5] 黄明发, 张盛林. 魔芋膳食纤维保健作用研究进展[J]. 中国食物与营养, 2010(5): 75-77. DOI:10.3969/j.issn.1006-9577.2010.05.021.
- [6] 林鸣. “老年食品”也该有滋有味[N]. 中国质量报, 2016-08-16(003).
- [7] 中国农业科学院质量标准与检测技术研究所, 农业部蔬菜水果质量监督检验测试中心(广州). 感官分析 选拔、培训与管理评价员一般导则 第1部分: 优选评价员: GB/T 16291.1—2012[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.
- [8] BRETT J R. Physiological energetic fish physiology[M]. New York: Academic Press, 1979: 8.
- [9] 杨品红, 王志陶, 夏德斌, 等. 黑花鲈(*Aristichthys nobilis*)和白花鲈肌肉营养成分分析及营养价值评定[J]. 海洋与湖沼, 2010, 41(4): 549-554. DOI:10.11693/hyhz201004013013.
- [10] 冯桂凤, 张晓, 张澜, 等. 模糊数学法在黄秋葵软罐头加工中的应用[J]. 农产品加工, 2019(4): 43-46. DOI:10.16693/j.cnki.1671-9646(X).2019.02.045.
- [11] 熊凤娇, 马儒珍, 王洋. 脂肪添加种类和比例对鱼豆腐品质特性的影响[J]. 肉类研究, 2018, 32(3): 1-6. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201803001.
- [12] 刘洋. 南工业科技, 2016, 37(20): 249-253. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2016.20.041.
- [13] 崔旭海, 毕海丹, 崔晓莹, 等. 不同食用蛋白的添加对鲤鱼鱼糜流变和凝胶特性的影响[J]. 食品工业科技, 2018, 39(16): 195-200; 225. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2018.16.035.
- [14] 熊凤娇, 马儒珍, 王洋, 等. 鱼糜制品营养、理化指标与挥发性N-亚硝胺含量的相关性分析[J]. 肉类研究, 2017, 31(5): 10-15. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201705003.
- [15] 邓满想. 老年人体育运动与膳食营养[J]. 运动, 2017(16): 132-133. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201705003.
- [16] 刘海波, 崔泓, 郑向梅, 等. 十堰市食品中食用盐含量测定结果分析[J]. 中国卫生检验杂志, 2015(19): 3356-3357.
- [17] 朱银玲, 徐美奕, 周兴起. 紫荆花中氨基酸的测定与营养学评价[J]. 化学世界, 2015, 56(3): 129-130. DOI:10.19500/j.cnki.0367-6358.2015.03.001.
- [18] World Health Organization. Energy and protein requirements: report of a joint FAO/WHO Ad Hoc expert committee World Health Organization[M]. Geneva: World Health Organization, 1973: 40-73.
- [19] 陈慧斌, 王梅英, 王莉. 褶牡蛎成分组成及营养学评价研究[J]. 宁德师专学报(自然科学版), 2009, 21(4): 342-345. DOI:10.3969/j.issn.2095-2481.2009.04.002.
- [20] 焦俊. 亮氨酸通过脂肪组织控制肥胖的机制研究[D]. 苏州: 苏州大学, 2016: 6-11.
- [21] 王洪, 赵亚军. 赖氨酸的应用及食品级赖氨酸的发展前景[J]. 发酵科技通讯, 2018, 47(4): 236-239. DOI:10.16774/j.cnki.issn.1674-2214.2018.04.011.
- [22] 苗苗. 鱼糜制品贮存过程中脂肪氧化及其控制技术研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2016: 29-33.