

大豆素丸和三种肉丸的营养成分与质构特性比较

陈玉玲¹, 杨梅¹, 牛跃庭², 蔡慧珍¹

(1. 宁夏医科大学公共卫生与管理学院, 宁夏银川 750011)

(2. 马来西亚棕榈油总署大马棕榈油技术研发(上海)有限公司, 上海 201108)

摘要: 比较以大豆拉丝蛋白为主要原料、经棕榈油炸制的大豆拉丝蛋白素丸子, 与自制猪肉丸子、市售鱼肉和牛肉丸子的营养成分与质构特性, 探讨其应用价值。采用国标法检测丸子的营养成分, 质构仪检测四种丸子的质地。蛋白质含量从高到低依次为拉丝蛋白丸子 39.06 mg N/g、猪肉丸子 30.11 mg N/g、牛肉丸子 19.91 mg N/g、鱼肉丸子 12.79 mg N/g。胆固醇含量从高到低依次为牛肉丸子 28.71 mg/100 g、猪肉丸子 25.27 mg/100 g、鱼肉丸子 14.83 mg/100 g、拉丝蛋白素丸子 1.21 mg/100 g。猪肉丸子的脂肪含量显著高于其他三种丸子 ($p < 0.05$)。大豆拉丝蛋白素丸子的总氨基酸、必需氨基酸、鲜味氨基酸含量最高, 分别为 15.44 ± 0.59 、 5.33 ± 0.20 、 8.89 ± 0.34 (g/100 g)。四种丸子的不饱和脂肪酸比例很高, 占各自总脂肪含量的 59% 到 73%。大豆拉丝蛋白素丸子的弹性、回复性最好, 分别为 $96.84\% \pm 1.43\%$ 、 $52.77\% \pm 0.56\%$ 。研究表明大豆拉丝蛋白素丸子的蛋白质含量高、胆固醇低、氨基酸含量高、有丰富的不饱和脂肪酸、营养价值高、口感佳, 可以作为传统肉丸的替代品。

关键词: 大豆拉丝蛋白; 肉丸; 营养成分; 质构; 脂肪酸; 氨基酸; 胆固醇

文章编号: 1673-9078(2020)01-84-90

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2020.1.012

Comparison of Nutrient Composition and Texture Properties Between Soy Protein Ball and Three Meatballs

CHEN Yu-ling¹, YANG Mei¹, NIU Yue-ting², CAI Hui-zhen¹

(1. School of Public Health and Management, Ningxia Medical University, Yinchuan 750011, China)

(2. Palm Oil Research and Technical Service Institute of Malaysian Palm Oil Board, Shanghai 201108, China)

Abstract: Nutrient composition and texture properties were detected in three meatballs and DSP (drawing soy protein) ball fried in palm oil to evaluate its application value. National standard methods were used to analyze nutrient composition. Texture of four types of balls were analyzed by a food texture analyzer. The protein content was as follow: DSP ball 39.06 mg N/g > pork meatball 30.11 mg N/g > beef meatball 19.9 mg N/g > fish meatball 12.79 mg N/g. The cholesterol content was as follow: beef meatball 28.71 mg/100 g > pork meatball 25.27 mg/100 g > fish meatball 14.83 mg/100 g > DSP ball 1.21 mg/100 g. The fat content of pork meatball was significantly higher than the other three samples ($p < 0.05$). The maximum of total amino acid, essential amino acid and umami amino acid content were found in the DSP ball and were 15.44 ± 0.59 , 5.33 ± 0.20 , 8.89 ± 0.34 (g/100 g), respectively. The four types of meatballs had a high proportion of unsaturated fatty acids, accounting for 59% to 73% of their total fat content. The maximum of springiness and resilience were obtained in DSP ball, which were $96.84\% \pm 1.43\%$ and $52.77\% \pm 0.56\%$, respectively. Results showed that DSP ball had high protein content, low cholesterol, rich unsaturated fatty acids, high nutritional value and good taste. It can be used as a substitute for traditional meatballs.

Key words: drawing soy protein; meatball; nutrient ingredients; texture; fatty acids; amino acids; cholesterol

随着火锅行业的快速发展, 我国已经成为丸子的消费大国^[1]。传统肉丸味道鲜美, 但脂肪和胆固醇含量也很高。膳食中的胆固醇对血脂水平和心脑血管疾病有着重要的影响, 摄入过多的胆固醇会导致一系列严重的疾病, 例动脉粥样硬化、脂肪肝、高脂血症等

收稿日期: 2019-08-14

基金项目: 大马棕榈油技术研发(上海)有限公司项目(PORTS1M057/2017)

作者简介: 陈玉玲(1991-), 女, 在读研究生, 研究方向: 营养与食品

通讯作者: 蔡慧珍((1980-), 女, 博士, 副教授, 研究方向: 营养与慢病

^[2]。而市售的丸子多数为少量的牛肉、猪肉、鱼肉等为原料、加入较多的淀粉、面粉制作而成, 营养价值不高。因此, 从改善人们饮食和健康的角度出发, 开发营养价值高、低胆固醇的丸子食品也有重大的现实意义。大豆蛋白具有降血脂、降血糖、预防骨质疏松、降血压等多种保健功能, 一直以来大豆蛋白制品都受到人们的广泛关注^[3-5]。大豆拉丝蛋白是以未变性脱脂豆粕和大豆分离蛋白为主要原料, 经双螺杆挤压技术生产的新型大豆蛋白, 常被用作肉类的替代品^[6,7]。其

蛋白质的含量达 60%，约为牛肉的三倍，富含人体所需要的八种必需氨基酸，不含脂肪和胆固醇，无豆腥味，是一种高蛋白、低脂肪的大豆蛋白产品。而且与传统的大豆组织蛋白的蜂窝状组织结构相比，拉丝蛋白具有更加丰富的丝状纤维结构，因此增加了吸水，吸油性，使其具有更柔软的，易咀嚼的质构特性^[8,9]。目前国内外多以拉丝蛋白为原料制作素火腿、素牛肉^[10,11]，这些产品具有成本低，营养价值高的优势，且具有类似肉类口感。但制作丸子的相关研究甚少，对其进行营养成分研究的目前还未发现。本研究分析了以大豆拉丝蛋白为主要原料，经棕榈油煎炸生产的大豆拉丝蛋白素丸子的营养价值及质构特性，并与自制的猪肉丸子和市面广泛销量的鱼肉、牛肉丸子进行比较，探讨大豆拉丝蛋白素丸子的应用价值。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

大豆拉丝蛋白素丸子由大豆拉丝蛋白 35%、大豆分离蛋白 5%、水 30% 构成，含盐、葱、姜、蒜少量。使用熔点为 24.6 °C、烟点为 192 °C 的棕榈油炸生产加工。猪肉丸子：购买市售猪肉，采用肥瘦 4:6 的比例，添加淀粉水煮制作。鱼肉丸子（主要成分为鱼肉、淀粉、蒜、食用盐、白砂糖、食用香精）、牛肉丸子（主要成分为牛肉、淀粉、食用盐、葱、胡椒）：采购于银川连锁超市，挑选生产日期较新，外形完整的速冻丸子，水煮制作。盐酸、硫酸酮、硫酸钾、硝酸、高氯酸、氯仿、戊二醛、茚三酮、柠檬酸钠柠檬溶液均为分析纯，银川美信生物公司；正己烷（色谱纯），德国 Meker 公司；甲醇（色谱纯），Tedia 公司；混合氨基酸标准溶液，和光纯药工业株式会社；脂肪酸甲酯标准品，美国 Sigma-Aldrich 公司。

1.2 仪器与设备

L-8900 型全自动氨基酸自动分析仪，日本 Hitachi 公司；智能型电热恒温鼓风干燥箱，上海琅轩实验设备有限公司；Agilent Technologies 78908 气相色谱仪，美国安捷伦科技有限公司；HH-4 数显恒温水浴锅，国华电器有限公司；ME204E 电子天平，梅特勒—托利多仪器有限公司；KjeltecTM8400 自动凯氏定氮仪，丹麦福斯；RE-52A 旋转蒸发器，上海荣升；TA-XT.plus 测试仪，英国 Stable Micro System 公司。

1.3 实验方法

1.3.1 蛋白质的测定

参照 GB 5009.5-2016《食品安全国家标准食品中蛋白质测定》^[12]，采用凯氏定氮法进行蛋白质的测定。

1.3.2 胆固醇的测定

参照 GB 5009.128-2016《食品安全国家标准食品中胆固醇测定》^[13]，采用气相色谱法进行胆固醇的测定。

1.3.3 脂肪的测定

参照 GB 5009.6-2016《食品安全国家标准食品中脂肪的测定》^[14]，采用索氏抽提法进行测定。

1.3.4 氨基酸的测定

参照 GB 5009.124-2016《食品安全国家标准食品中氨基酸的测定》^[15]，对丸子中的 16 种氨基酸进行测定。

1.3.5 脂肪酸的测定

参照 GB 5009.168-2016《食品安全国家标准食品中脂肪酸的测定》^[16]采用外标法对丸子中的 37 种脂肪酸进行测定。

1.3.6 TPA 质构特性的测定

采用 TA-XT.plus 测试仪进行测定，样品的处理和测试的方法参考文献^[17]。样品的处理沿肉丸样品的直径方向切成直径 1 cm，厚 1 cm 的形状，测定的模式选择 Simplified TPA.PRJ，加载 p/35 的平底柱形探头进行测试，测定的参数设定如下：测前速度 1.00 mm/s、测中的速度 1.00 mm/s、测后的速度 1.00 mm/s、应变 30%、时间 5.00 s、触发力 5 g。

1.3.7 感官评价的方法

选择身体健康、感觉正常，具有相关知识背景的 50 名食品专业的研究生，采用 9 点标度测试法^[18]进行丸子感官评定（标准见表 1）^[19]。9 分：非常喜爱；8 分：很喜爱；7 分：一般喜爱；6 分：轻微喜爱；5 分：无好恶；4 分：轻微厌恶；3 分：一般厌恶；2 分：很厌恶；1 分：非常厌恶。评价过程中要求周围环境安静，光线充足，无异味。要求评价员应独立作出判断，不能互相讨论，以避免彼此干扰。

表 1 感官评定标准

Table 1 Sensory evaluation standards for soybean protein ball

指标	标准
色泽	表面呈金黄色或焦黄色， 有油炸食品特有的光泽
气味	有油炸食品特有的香气， 无食油变质的气味和其他异味
组织结构	软硬适中，具有一定的弹性， 气孔细小，均匀分布
口感	表面有油炸过后的脆爽口感， 内部具有肉质品的口感，食后有回味

表2 四种丸子中蛋白质、脂肪和胆固醇的比较

Table 2 Comparisons of four types of balls in protein, fat and cholesterol

指标	拉丝蛋白素丸子	猪肉丸子	牛肉丸子	鱼肉丸子
蛋白质/(mg N/g)	39.06±1.63 ^a	30.11±0.93 ^b	19.91±3.41 ^c	12.79±4.78 ^d
脂肪/(g/100 g)	19.77±0.66 ^b	28.80±6.92 ^a	6.68±0.59 ^c	5.42±3.44 ^c
胆固醇/(mg/100 g)	1.21±0.04 ^d	25.27±0.32 ^b	28.71±0.40 ^a	14.83±0.39 ^c

注：同行标有不同小写字母表示差异显著 ($p<0.05$)。下同。

表3 四种丸子氨基酸含量对比表

Table 3 Levels of amino acids in four kinds of balls (g/100 g)

氨基酸的含量	大豆拉丝蛋白素丸子	猪肉丸子	牛肉丸子	鱼肉丸子
苯丙氨酸(Phe) [*]	0.86±0.03 ^a	0.46±0.03 ^b	0.34±0.00 ^c	0.29±0.01 ^d
蛋氨酸(Met) [*]	0.20±0.01 ^a	0.29±0.02 ^b	0.18±0.00 ^c	0.18±0.00 ^c
异亮氨酸(Ile) ^{##}	0.77±0.03 ^a	0.54±0.03 ^b	0.40±0.00 ^c	0.33±0.01 ^d
亮氨酸(Leu) [*]	1.23±0.05 ^a	0.88±0.05 ^b	0.65±0.01 ^c	0.52±0.01 ^d
赖氨酸(Lys) [*]	0.86±0.03 ^a	0.66±0.01 ^b	0.64±0.02 ^c	0.55±0.01 ^d
苏氨酸(Thr) [*]	0.57±0.02 ^a	0.47±0.03 ^b	0.34±0.00 ^c	0.28±0.01 ^d
缬氨酸(Val) [*]	0.84±0.03 ^a	0.62±0.03 ^b	0.44±0.13 ^c	0.38±0.01 ^d
天冬门氨酸(Asp) [#]	1.65±0.06 ^a	1.01±0.05 ^b	0.81±0.00 ^c	0.66±0.02 ^d
丝氨酸(Ser) [#]	0.74±0.05 ^a	0.40±0.02 ^{ab}	0.33±0.00 ^b	0.26±0.01 ^c
谷氨酸(Glu) [#]	3.41±0.13 ^a	1.68±0.08 ^b	1.42±0.01 ^c	1.26±0.39 ^c
甘氨酸(Gly) [#]	0.63±0.24 ^a	0.63±0.00 ^b	0.39±0.01 ^c	0.28±0.01 ^d
丙氨酸(Ala) [#]	0.68±0.26 ^a	0.66±0.31 ^a	0.43±0.00 ^b	0.37±0.01 ^b
酪氨酸(Tyr)	0.46±0.02 ^a	0.29±0.01 ^b	0.21±0.00 ^c	0.21±0.00 ^c
组氨酸(His)	0.38±0.01 ^a	0.42±0.02 ^b	0.25±0.00 ^c	0.18±0.01 ^d
赖氨酸(Lys)	0.86±0.03 ^a	0.66±0.01 ^b	0.64±0.02 ^c	0.55±0.01 ^d
精氨酸(Arg)	1.06±0.03 ^a	0.75±0.01 ^b	0.52±0.02 ^c	0.38±0.01 ^d
脯氨酸(Pro) [#]	0.85±0.01 ^a	0.47±0.01 ^b	0.30±0.01 ^c	0.26±0.00 ^c
∑EAA	5.33±0.20 ^a	4.24±0.24 ^b	2.98±0.06 ^c	2.52±0.06 ^d
∑NEAA	10.97±0.42 ^a	7.28±0.33 ^b	5.33±0.01 ^c	4.47±0.11 ^d
DAA	8.89±0.34 ^a	5.36±0.25 ^b	4.04±0.22 ^c	3.44±0.09 ^d
TAA	15.44±0.59 ^a	10.55±0.50 ^b	7.67±0.05 ^c	6.44±0.16 ^d

注：“*”表示必需氨基酸；“#”表示鲜味氨基酸。

1.4 数据的处理与分析

采用 SPSS 22.0 软件进行数据分析，数据表示为“均数±标准差”，用 ANOVA 进行方差分析，采用 Duncan 法进行均数间的多重比较， $\alpha=0.05$ ， $p<0.05$ 为具有统计学差异。

2 结果与分析

2.1 四种丸子胆固醇含量的比较

由表 2 可知，四种丸子胆固醇的含量从高到低依次为牛肉丸子 (28.71 mg/100 g)、猪肉丸子 (25.27 mg/100 g)、鱼肉丸子 (14.83 mg/100 g) 和拉丝蛋白

素丸子 (1.21 mg/100 g)。牛肉丸子的胆固醇含量高于猪肉、鱼肉丸子 ($p<0.05$)，大豆拉丝蛋白素丸子的胆固醇含量最低 ($p<0.05$)。由此表明大豆拉丝蛋白素丸子是一种低胆固醇的健康食品，食用该种丸子对于防治心脑血管疾病有益。

2.2 大豆拉丝蛋白素丸子与猪肉、牛肉和鱼肉

丸子的氨基酸含量比较

氨基酸的组成不仅是衡量食品蛋白质的主要指标之一，也是影响食品品质的重要因素，食物氨基酸组成比例虽不尽相同，但其营养价值的优劣取决于所含必需氨基酸的种类、数量和组成^[20]。由表 3 可知，

四种丸子均检测出 17 种氨基酸,包括 7 种必需氨基酸和 10 种非必需氨基酸。大豆拉丝蛋白素丸子、猪肉丸子、牛肉丸子、鱼肉丸子总氨基酸含量分别为 15.44 g/100 g、10.55 g/100 g、7.67 g/100 g、6.44 g/100 g。四种丸子的总氨基酸含量有显著差异,大豆拉丝蛋白素丸子的总氨基酸含量显著高于猪肉丸子、牛肉与鱼肉丸子总氨基酸含量($p<0.05$),这与粗蛋白的结果一致。4 种丸子的必需氨基酸总量从高到低为大豆拉丝蛋白素丸子(5.33 g/100 g)、猪肉丸子(4.24 g/100 g)、牛肉丸子(2.98 g/100 g)、鱼肉丸子(2.52 g/100 g),大豆拉丝蛋白的必需氨基酸含量显著高于其他 3 种丸子的必需氨基酸含量($p<0.05$)。

检测显示四种丸子中都含有大量的谷氨酸(Glu)和天冬氨酸(Asp)。谷氨酸是重要的鲜味氨基酸,并且因其在氨基酸转移反应中的作用,而在氨基酸的代谢中起重要作用^[21]。天冬氨酸(Asp)也是鲜味氨基酸,在保护心脏,降低血压方面有很好的功效。本次研究显示,拉丝蛋白丸子谷氨酸与天冬氨酸的含量都显著高于其他三种丸子($p<0.05$),拉丝蛋白丸子、猪肉丸子、牛肉与鱼肉丸子中鲜味氨基酸含量占总氨基酸含量的比值分别为 58%、51%、53%、53%。因此这可能是拉丝蛋白丸子口感鲜美的主要原因。此外,四种丸子含量较高的氨基酸还有赖氨酸(Lys)和亮氨酸(Leu),Lys 和 Leu 是重要的必需氨基酸。Lys 缺乏会导致免疫缺陷,可用于预防和治疗纯疱疹。Leu 是唯一能够刺激肌肉蛋白质合成的氨基酸,在烧伤和败血症等应激条件下具有重要的治疗作用^[21]。结果显示,拉丝蛋白丸子的这两种氨基酸的含量都显著高于其他三种丸子($p<0.05$)。

2.3 大豆拉丝蛋白素丸子,猪肉、牛肉和鱼肉丸子的脂肪酸含量比较

由表 4 所示,拉丝蛋白丸子检出 14 种脂肪酸,包括 8 种饱和脂肪酸(SFA),3 种单不饱和脂肪酸(MUFA),3 种多不饱和脂肪酸(PUFA);猪肉丸子检出 20 种脂肪酸,包括 8 种饱和脂肪酸(SFA),6 种单不饱和脂肪酸(MUFA),6 种多不饱和脂肪酸(PUFA);牛肉丸子检出 18 种脂肪酸,包括 7 种饱和脂肪酸(SFA),5 种单不饱和脂肪酸(MUFA),6 种多不饱和脂肪酸(PUFA)。鱼肉丸子检出 19 种脂肪酸,

包括 7 种饱和脂肪酸(SFA),5 种单不饱和脂肪酸(MUFA),7 种多不饱和脂肪酸(PUFA)。

比较 4 种丸子的 SFA 发现,拉丝蛋白素丸子和猪肉丸子的饱和脂肪酸含量显著高于牛肉、鱼肉丸子的饱和脂肪酸含量($p<0.05$)。四种丸子的饱和脂肪酸中棕榈酸的含量最高,其含量分别占拉丝蛋白丸子、猪肉丸子、牛肉丸子、鱼肉丸子饱和脂肪酸含量的 79%、61%、62%、70%。虽然摄入过多的饱和脂肪酸会增加高血压、高血脂、高胆固醇等心脑血管疾病的风险^[22]。但是人体营养实验及流行病学调查结果表明,棕榈油中的棕榈酸对高低密度脂蛋白均不会造成影响^[23,24]。因此,拉丝蛋白丸子不会造成心血管病负担。拉丝蛋白素丸子、猪肉丸子、牛肉丸子、鱼肉丸子的饱和脂肪酸占脂肪酸含量的比例分别为 38%、34%、41%、27%,说明四种丸子的脂肪酸组成相对合理,且饱和程度高。

由表 4 可知,四种丸子的不饱和脂肪酸含量占各自总脂肪含量的比例很高为 59%到 73%。其中拉丝蛋白素丸子与猪肉丸子不饱和脂肪酸的含量显著高于牛肉、鱼肉丸子的不饱和脂肪酸含量($p<0.05$)。不饱和脂肪酸具有降低血脂、低密度脂蛋白、血清胆固醇和防止动脉粥样硬化、预防心脑血管的作用。同时不饱和脂肪酸含量越高的食品,必需脂肪酸的含量也高,其营养价值也高^[25]。猪肉丸子的 MUFA 最高($p<0.05$),其他三种丸子的单不饱和脂肪酸无明显的差异。四种丸子的主要 MUFA 组成是油酸,其总量分别占拉丝蛋白丸子、猪肉丸子、牛肉丸子、鱼肉丸子 MUFA 含量的 99%、93%、85%、89%。拉丝蛋白素丸子与猪肉丸子 PUFA 的含量显著高于牛肉、鱼肉丸子 PUFA 的含量($p<0.05$)。四种丸子的 PUFA 中亚油酸的含量最高,其含量分别占拉丝蛋白丸子、猪肉丸子、牛肉丸子、鱼肉丸子 PUFA 含量的 97%、88%、67%、96%。拉丝蛋白丸子中的亚油酸含量显著高于其他三种丸子亚油酸的含量,亚油酸可使血液中的总胆固醇,非高密度脂蛋白及血清中的甘油三酯的含量显著降低,可以减少动脉壁上脂质斑的形成与沉积,防止动脉粥样硬化症的发生^[26]。猪肉丸子、鱼肉与牛肉丸子含有花生四烯酸(ARA),鱼肉丸子富含二十碳五烯酸(EPA),二十二碳六烯酸(DHA)。ARA、DHA 对婴幼儿的智能发育有着重要作用^[27],表明鱼肉丸子具有一定的保健功能。

表 4 四种丸子的脂肪酸含量比较

Table 4 Levels of fatty acids in four kinds of balls (g/100 g)

脂肪酸	拉丝蛋白素丸子	猪肉丸子	牛肉丸子	鱼肉丸子
癸酸(C10:0)	ND	0.015±0.00	ND	ND
月桂酸(C12:0)	0.026±0.00	0.019±0.00	0.002±0.00	ND
豆蔻酸(C14:0)	0.132±0.00 ^{ab}	0.290±0.02 ^a	0.057±0.00 ^b	0.027±0.00 ^b
十五烷酸(C15:0)	0.008±0.00 ^b	0.008±0.00 ^{ab}	0.008±0.00 ^a	0.004±0.00 ^c
棕榈酸(C16:0)	4.886±1.95 ^a	5.272±3.18 ^a	1.230±0.55 ^b	0.929±0.51 ^b
十七烷酸(C17:0)	0.020±0.00 ^b	0.048±0.01 ^{ab}	0.182±0.14 ^a	0.007±0.00 ^b
硬脂酸(C18:0)	0.810±0.08 ^b	2.922±1.37 ^a	0.490±0.08 ^b	0.267±0.08 ^b
花生酸(C20:0)	0.247±0.16 ^a	0.057±0.02 ^{ab}	0.001±0.00 ^b	0.085±0.00 ^b
木焦油酸(C24:0)	0.026±0.00	ND	ND	0.007±0.00
豆蔻一烯酸(C14:1)	ND	ND	0.015±0.00	0.005±0.00
棕榈一烯酸(C16:1)	0.028±0.00 ^c	0.515±0.10 ^a	0.242±0.05 ^{bc}	0.157±0.06 ^c
十七碳一烯酸(C17:1)	ND	0.035±0.00	0.010±0.00	0.005±0.00
油酸(C18:1)	6.341±0.72 ^b	12.445±5.29 ^a	1.615±1.33 ^b	1.782±0.66 ^b
花生一烯酸(C20:1)	0.029±0.00 ^b	0.372±0.19 ^a	0.018±0.00 ^b	0.048±0.00 ^b
芥酸(C22:1)	ND	0.010±0.00	ND	ND
二十四碳一烯酸(C24:1)	ND	0.015±0.00	ND	ND
亚油酸(C18:2)	3.659±0.29 ^a	2.658±0.56 ^b	0.612±0.27 ^d	1.576±0.73 ^c
亚麻酸(C18:3)	0.101±0.10 ^a	0.047±0.03 ^a	0.265±0.22 ^a	0.019±0.00 ^a
花生二烯酸(C20:2)	ND	0.188±0.03	0.019±0.00	0.005±0.00
花生三烯酸(C20:3)	0.028±0.00 ^a	0.037±0.01 ^a	0.006±0.00 ^b	0.010±0.00 ^b
花生四烯酸(C20:4)	ND	0.034±0.01	0.005±0.00	0.012±0.00
二十碳五烯酸(C20:5)	ND	ND	ND	0.007±0.00
二十二碳五烯酸(C22:5)	ND	0.041±0.02	0.013±0.00	ND
二十二碳六烯酸(C22:6)	ND	ND	ND	0.016±0.00
饱和脂肪酸 SFA	6.152±2.21 ^{ab}	8.632±4.84 ^a	1.970±0.79 ^b	1.326±0.67 ^b
单不饱和脂肪酸 MUFA	6.397±0.73 ^b	13.391±5.60 ^a	1.899±1.39 ^b	1.996±0.68 ^b
多不饱和脂肪酸 PUFA	3.789±0.17 ^a	3.004±0.48 ^a	0.920±0.47 ^b	1.645±0.70 ^b
不饱和脂肪酸 UFA	10.187±0.91 ^a	16.396±5.12 ^a	2.819±1.87 ^b	3.641±1.382 ^b
TFA	16.339±3.12 ^a	25.029±9.95 ^a	4.790±2.66 ^b	4.967±2.05 ^b
∑SFA/∑TFA	0.38	0.34	0.41	0.27
∑UFA/∑TFA	0.62	0.66	0.59	0.73
∑PUFA/∑SFA	0.62	0.35	0.47	1.24

表 5 四种丸子的 TPA 质构特性参数

Table 5 TPA texture characteristic parameters of 4 kinds of balls

丸子种类	硬度/g	黏性/(g·sec)	回复性/%	内聚性	弹性/%	胶黏性	咀嚼性
拉丝蛋白丸子	2514.54±127.36 ^b	-5.05±5.01 ^a	52.77±0.56 ^a	0.83±0.00 ^a	96.84±1.43 ^a	2102.05±100.99 ^b	2035.32±94.88 ^b
猪肉丸子	2906.71±771.18 ^{ab}	-88.16±75.24 ^b	36.96±4.76 ^c	0.80±0.05 ^a	88.96±5.71 ^b	2317.60±628.98 ^{ab}	2075.99±626.01 ^{ab}
牛肉丸子	2541.02±256.63 ^b	-2.02±1.85 ^a	45.18±4.53 ^b	0.83±0.02 ^a	90.63±3.17 ^b	2099.13±210.67 ^b	1902.26±196.7 ^{ab}
鱼肉丸子	3274.95±584.28 ^a	0.27±0.84 ^a	51.33±3.32 ^a	0.83±0.00 ^a	90.47±1.82 ^b	2719.34±481.47 ^a	2462.62±448.57 ^a

注: 同列标有不同小写字母表示差异显著 ($p < 0.05$)。

2.4 拉丝蛋白素丸子, 猪肉丸子, 牛肉丸子,

鱼肉丸子的 TPA 质构特性比较

质地是食品质量鉴定的重要指标之一^[28], 可以反映食品的软硬程度和弹性, 是食品食用的主要评价指标。表 5 显示鱼肉丸子的硬度最大 ($p<0.05$), 牛肉丸子、拉丝蛋白与猪肉丸子的硬度无显著差异 ($p>0.05$)。猪肉丸子的黏性比其他三种丸子的大 ($p<0.05$), 拉丝蛋白丸子的黏性与牛肉、鱼肉丸子无显著差异 ($p>0.05$)。四种丸子的回复性有显著差异, 拉丝蛋白丸子和鱼肉丸子的回复性比牛肉、猪肉丸子的回复性好 ($p<0.05$)。拉丝蛋白素丸子的弹性显著高于其他三种的丸子 ($p<0.05$)。鱼丸的胶黏性最大 ($p<0.05$), 其他三种丸子的胶黏性无显著差异 ($p>0.05$)。鱼肉丸子的咀嚼性最大 ($p<0.05$), 拉丝蛋白的咀嚼性与牛肉、猪肉丸子无明显差异 ($p>0.05$)。本研究拉丝蛋白素丸子的回复性和弹性最好, 其主要原因可能与拉丝蛋白具有丰富的丝状纤维和较多的、均匀分布的微孔结构有关^[6]。这种特殊的结构使得表面积增大, 从而使得毛细管水的持水量增加, 显著的增大了吸水率和吸油率从而使丸子的弹性增加。同时在制作中, 拉丝蛋白素丸子添加了一定比例的蛋清, 蛋清可以增加丸子的内部粘合力, 因此拉丝蛋白的回复性好。

2.5 拉丝蛋白的感官评定的结果

感官评定技术是通过人的视觉、嗅觉、触觉、味觉的反应对食品的色香味和外观进行综合性的鉴别和评价^[18]。感官评价是食品检验首要标准, 拉丝蛋白素丸子属于新研发的食品, 感官评价指标更是其质量的首要标准。由表 6 可知, 50 名评价员对拉丝蛋白素丸子的各个指标的分数都在 6 分以上, 表明对拉丝蛋白素丸子的是接受的, 不厌恶的。其中色泽、气味、口感的分值在 7 分至 8 分。表明评价员对拉丝蛋白素丸子是喜爱的。组织结构的评分较低, 原因可能是拉丝蛋白的微孔结构所致的切面不均匀所致。

表 6 采用 9 点标度法对拉丝蛋白素丸子的评分结果

Table 6 The scores of soybean protein ball by the 9-point scale

method	
拉丝蛋白素丸子	评分结果
色泽	7.00±1.23
气味	7.15±1.16
口感	7.25±1.12
组织结构	6.45±0.84

3 结论

通过对大豆拉丝蛋白素丸子与猪肉丸子、牛肉丸子、鱼肉丸子的营养成分和质构特性检测分析以及对拉丝蛋白素丸子的感官评价可知, 四种丸子的蛋白质和胆固醇均有显著差异 ($p<0.05$)。大豆拉丝蛋白素丸子的蛋白质含量 39.06 mg N/g>猪肉丸子 30.11 mg N/g>牛肉丸子 19.91 mg N/g>鱼肉丸子 12.79 mg N/g。牛肉丸子的胆固醇含量 28.71 mg/100 g>猪肉丸子 25.27 mg/100 g>鱼肉丸子 14.83 mg/100 g>拉丝蛋白素丸子 1.21 mg/100 g。大豆拉丝蛋白的总氨基酸、必需氨基酸、鲜味氨基酸含量最高, 分别为 15.44±0.59、5.33±0.20、8.89±0.34 g/100 g。猪肉丸子的饱和脂肪酸最高 8.632±4.84 g/100 g, 鱼肉丸子的饱和脂肪酸最低 1.326±0.67 g/100 g。四种丸子的不饱和脂肪酸含量占各自总脂肪含量的比例很高为 59%到 73%, 说明四种丸子的不饱和程度高, 脂肪酸组成合理。其中拉丝蛋白素丸子与猪肉丸子不饱和脂肪酸的含量显著高于牛肉、鱼肉丸子的不饱和脂肪酸含量 ($p<0.05$), 分别为 10.187 g/100 g、16.396 g/100 g。鱼肉丸子含有 EPA、DHA。通过四种丸子的质构比较, 拉丝蛋白素丸子的回复性和弹性最好, 分别为 52.77%±0.56%、96.84%±1.43%。拉丝蛋白作为新研发的食物, 在蛋白质和胆固醇含量以及质构上具有专属的优势, 根据感官评分结果, 评价员对拉丝素丸子的整体接受性较好。因此拉丝蛋白素丸子可以作为传统肉丸的替代品, 具有较高的市场价值。

参考文献

- 王薇, 刘静, 王淼, 等. 1992 至 2007 年多省市队列人群血清总胆固醇水平的变化特点[J]. 中华高血压杂志, 2014, 22(9): 900
WENG WEI, LIU Jing, WANG Miao, et al. Changes in serum total cholesterol levels in cohort of many provinces and cities from 1992 to 2007 [J]. Chinese Journal of Hypertension, 2014, 22(9): 900
- 张清明, 惠增玉. 速冻丸子创造亿万财富[J]. 科技致富向导, 2013, 16: 39
ZHANG Qing-ming, HUI Zeng-yu. Quick-frozen meatballs create billions of wealth [J]. Technology to get rich guide, 2013, 16: 39
- 新旗, 涂丛慧, 张连慧, 等. 大豆蛋白的营养保健功能研究现状[J]. 北京工商大学学报: 自然科学版, 2012, 30(2): 1-6
XIM Qi, TU Cong-hui, ZHANG Lian-hui, et al. Research

- status of nutritional health function of soy protein [J]. Journal of Beijing Technology and Business University: Natural Science Edition, 2012, 30(2): 1-6
- [4] 周春晖,黄惠华,王志.大豆蛋白生理保健作用研究进展[J].粮食与油脂,2001,2:37-39
ZHOU Chun-hui, HUANG Hui-hua, WANG Zhi. Research progress in physiological health care of soy protein [J]. Food and Oil, 2001, 2: 37-39
- [5] Kreijkamp-Kaspers S, Kok L, Grobbee D E, et al. Effect of soy protein containing isoflavones on cognitive function, bone mineral density, and plasma lipids in postmenopausal women: A randomized controlled trial [J]. The Journal of the American Medical Association, 2004, 292(1): 65-74
- [6] 郑雅丹.植物蛋白的纤维组织化技术研究[D].杭州,浙江工业大学,2009
ZHENG Ya-dan. Study on fiber organization technology of plant protein [D]. Hangzhou: Zhejiang University of Technology, 2009
- [7] 张福,杨艳敏.大豆蛋白在肉制品中的重要作用[J].肉类工业,2005,1:34-36
ZHANG FU, YANG Yan-min. The important role of soy protein in meat products [J]. Meat Industry, 2005, 1: 34-36
- [8] 王雅卉,邢霁云,徐婧婷,等.拉丝蛋白的组织结构特征及功能特性[J].食品科技,2016,41(12):25-30
WANG Ya-hui, XING Yu-yun, XU Yu-ting, et al. Tissue structure and functional properties of brushed proteins [J]. Food Science and Technology, 2016, 41(12): 25-30
- [9] 谢丽娟,费英敏,吕育新.植物拉丝蛋白的功能特性及其应用[J].大豆科技,2011,4:35-38
XIE Li-juan, FEI Ying-min, LYU Yu-xin. Functional properties of plant wire drawing protein and its application [J]. Soybean Technology, 2011, 4: 35-38
- [10] 费英敏.大豆拉丝蛋白素火腿的研究[J].中国调味品,2010, 35(5):40-43
FEI Ying-min. Study on soybean protein raw ham [J]. Chinese Condiment, 2010, 35(5): 40-43
- [11] 刘慧,赵悦,张春江.素肉-大豆拉丝蛋白研究现状[J].现代食品,2018,15:34-36
LIU HUI, ZHAO Yue, ZHANG Chun-jiang. Research status of plain meat-soybean drawing protein [J]. Modern Food, 2018, 15: 34-36
- [12] GB 5009.5-2016,食品安全国家标准食品中蛋白质测定[S]
GB 5009.5-2016. National Food Safety Standards Determination of Protein in Food [S]
- [13] GB 5009.128-2016,食品安全国家标准食品中胆固醇测定[S]
GB 5009.128-2016, National Food Safety Standards Determination of Cholesterol in Food [S]
- [14] GB 5009.6-2016,食品安全国家标准食品中脂肪的测定[S]
GB 5009.6-2016, National Food Safety Standards Determination of Fat in Food [S]
- [15] GB 5009.124-2016,食品安全国家标准食品中氨基酸的测定[S]
GB 5009.6-2016, National Food Safety Standards Determination of Amino Acids in Food [S]
- [16] GB 5009.168-2016,食品安全国家标准食品中脂肪酸的测定[S]
GB 5009.168-2016, National Food Safety Standards Determination of Fatty Acids in Food [S]
- [17] 殷俊,梅灿辉,陈斌,等.肉丸品质的质构与感官分析[J].现代食品科技,2011,27(1):50-55
YIN Jun, MEI Can-hui, CHEN Bin, et al. Texture and sensory analysis of meatball quality [J]. Modern Food Technology, 2011, 27(1): 50-55
- [18] 叶强,贾彩荷.鸡肉火腿肠的感官分析[J].肉类工业,2009, 5:26-29
YE Qiang, JIA Cai-he. Sensory analysis of chicken ham sausage [J]. Meat Industry, 2009, 5: 26-29
- [19] 杨春梅,吴金鸿,王正武,等.大豆组织蛋白素肉丸子的研制[J].食品科学,2011,32(6):301-306
YANG Chun-mei, WU Jin-hong, WANG Zheng-wu, et al. Development of soy tissue protein meatballs [J]. Food Science, 2011, 32 (6): 301-306
- [20] 朱洪强,王全凯,殷树鹏.野猪肉与家猪肉营养成分的比较分析[J].西北农业学报,2007,3:54-56
ZHU Hong-qiang, WANG Quan-kai, YIN Shu-peng. Comparative analysis of nutrients between wild pork and domestic pork [J]. Northwest Agricultural Journal, 2007, 3: 54-56
- [21] Mohanty B, Mahanty A, Ganguly S, et al. Amino acid compositions of 27 food fishes and their importance in clinical nutrition [J]. Journal of Amino Acids, 2014, 3: 269797-269797
- [22] Woodside J V, Mckinley M C, Young I S. Saturated and trans fatty acids and coronary heart disease [J]. Current Atherosclerosis Reports, 2008, 10(6): 460-6

(下转第7页)