

基于极差分析法与主成分分析法 研究新型牛肉薄饼加工工艺

赵改名¹, 焦阳阳¹, 祝超智¹, 李珊珊¹, 李佳麒¹, 银峰¹, 祁兴磊²

(1. 河南农业大学食品科学技术学院, 河南郑州 450002) (2. 驻马店综合试验站, 河南驻马店 463000)

摘要: 为研究新型牛肉薄饼加工工艺, 采用单因素实验讨论大豆分离蛋白、复合磷酸盐、卡拉胶对牛肉薄饼剪切力、水分含量、感官评分的影响。以剪切力、水分含量、感官评分为评价指标, 通过 $L_9(3^3)$ 正交试验优化牛肉薄饼加工工艺。结果表明: 采用极差法、主成分分析法评价不同试验方案牛肉薄饼品质具有一定的合理性, 但这两种方法都存在不足, 综合考虑两种评价方法可提高结果的合理性。经过综合分析, 最佳方案为 $A_1B_2C_2$, 即大豆分离蛋白添加量为2.00%、复合磷酸盐添加量为0.30%、卡拉胶添加量为0.10%, 为牛肉薄饼最佳加工工艺。该最佳生产工艺下生产的牛肉薄饼水分含量为43.61、剪切力为7.70、感官总分为84.90。本研究为生产高档牛肉肉糜制品, 增加产品种类、提高产品食用品质提供依据。

关键词: 牛肉薄饼; 大豆分离蛋白; 复合磷酸盐; 卡拉胶; 归一值; 主成分分析

文章编号: 1673-9078(2019)11-144-151

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2019.11.021

Research on New Beef Pancake Processing Technology Based on Range Analysis and Principal Component Analysis

ZHAO Gai-ming¹, JIAO Yang-yang¹, ZHU Chao-zhi¹, LI Shan-shan¹, LI Jia-qi¹, YIN Feng¹, QI Xing-lei²

(1. College of Food Science and Technology, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

(2. Zhumadian Comprehensive Experimental Station, Zhumadian 463000, China)

Abstract: In order to study the new processing technology of beef pancake, the effects of soybean protein isolate, complex phosphate and carrageenan on shear force, water content and sensory score of beef pancake were studied by single factor experiment. Using shear force, moisture content and sensory score as evaluation indexes, $L_9(3^3)$ orthogonal test was used to optimize the processing technology of beef pancake. The results showed that the range method and principal component analysis method were feasible to evaluate the quality of beef pancakes in different test schemes, but both of them had shortcomings. After comprehensive analysis, the best plan was $A_1B_2C_2$, that is, the added amount of soybean protein isolate was 2.00%, the added amount of compound phosphate was 0.30%, and the added amount of carrageenan was 0.10%, which was the best processing technology of beef pancake. The moisture content, shear force and sensory score of the beef pancake were 43.61, 7.70 and 84.90 respectively. This study provides a basis for the production of high-grade beef mince products, increasing product types and improving food quality.

Key words: beef crepes; soybean protein isolate; complex phosphate; carrageenan; return a value; principal component analysis

牛肉制品因其独特的风味以及较高的营养价值而受到广大消费者的喜爱^[1,2]。种类繁多的肉糜制品是肉制品中一个重要的组成部分^[3]。且具有易成型、成

收稿日期: 2019-06-22

基金项目: 国家现代农业(肉牛牦牛)产业技术体系建设专项(CARS-37); “十三五”国家重点研发计划重点专项(2018YFD0401200); 河南省高校重点科研项目(18B550006); 河南省重点研发与推广专项(192102110099)

作者简介: 赵改名(1965-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 肉类加工与产品质量安全控制技术

通讯作者: 祝超智(1985-), 女, 博士, 讲师, 研究方向: 肉品加工与质量控制

本低、以及可通过添加其他物质改善营养组成等优点^[4]。目前可以使用碎牛肉加工的产品主要有牛肉肠、牛肉饼、牛肉丸等^[5], 可使用肉糜加工的新产品有待开发。牛肉薄饼是一种以肉糜制成的新型产品, 考虑到传统牛肉肉糜干制品水分含量较低、口感较硬而使部分人群接受度较低的问题, 现开发一种具有一定嫩度的新型产品即牛肉薄饼。

研究表明, 在肉制品中加入具有功能性的添加物可以改善肉制品的品质和加工性能^[6,7]。如添加转谷氨酰胺酶可以通过胺的掺入、交联和脱酰胺作用来修饰蛋白质, 改善其的功能和性质^[8,9]; 添加海藻糖可对生

物细胞及分子产生保护作用,防止淀粉老化^[10]。添加大豆分离蛋白^[11]、复合磷酸盐^[12]、卡拉胶^[13]可以提高肉制品的保水性,在一定程度上增加产品的出品率,改善传统肉制品的组织状态以及其风味和口感。本次研究旨在提高产品保水性、嫩度,因此选择大豆分离蛋白、复合磷酸盐、卡拉胶为添加物进行研究。我国有8种磷酸盐可供使用,在肉制品加工中常使用的是六偏磷酸盐、三聚磷酸盐、焦磷酸盐等碱性磷酸盐^[14,15]。本文选用由焦磷酸盐、六偏磷酸盐与三聚磷酸盐以一定比例制备的复合磷酸盐进行试验。

在这项研究中,采用单因素试验研究大豆分离蛋白添加量、复合磷酸盐添加量、卡拉胶添加量对牛肉薄饼品质的影响。通过 $L_9(3^3)$ 正交试验对其配方进行优化,选取水分含量、剪切力以及感官评价进行极差分析与主成分分析。通过两种分析方法得到最佳牛肉薄饼配方,使牛肉薄饼的嫩度、保水性及感官评价得到提升。为生产高档牛肉肉糜制品,增加产品种类、提高产品食用品质提供依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

大豆分离蛋白,临沂山松生物制品有限公司;三聚磷酸盐,天津市风船化学试剂科技有限公司;六偏磷酸盐,湖北兴发化工集团股份有限公司;焦磷酸盐,河南启文生物科技有限公司;卡拉胶,绿新(福建)食品有限公司。

1.2 仪 器 与 设 备

MM12B型绞肉机,广东省韶关市大金食品机械厂;BYXX-50型烟熏箱,中国艾博公司;MODEL2000型沃布剪切力仪,美国G-R公司;SMART System 5,CEM公司。

1.3 方 法

1.3.1 牛肉薄饼加工工艺流程^[16]

原料预处理→绞肉→加入辅料→搅拌→压片→烘烤→压平切片→冷却→真空包装→成品

1.3.2 剪切力测定^[17]

将牛肉薄饼修剪为 $2\text{ cm}\times 0.7\text{ cm}\times 0.2\text{ cm}$ 片状,使用沃布剪切力仪垂直样品表面切下,测定时每组样品重复测定8次。

1.3.3 水分测定

使用SMART System 5进行水分含量测定,将样品切为碎末状,置于SMART System 5中测量其水分,每组测定5个平行。

1.3.4 感官评价

参考陈佳新等^[18]的方法并略作修改,各位评定员在参与感官评价之前,首先要了解感官评定标准和评价要点,并全面评价牛肉薄饼的色泽、香气、组织状态、滋味和口感这五个方面。在评定过程中要求各个评定员之间不许进行沟通以减少干扰。具体评定标准如下,见表1。

表1 牛肉片感官评价标准

Table 1 Sensory evaluation criteria for beef slices

指标	标准	评分
色泽 (17)	颜色偏亮,红色,比较均匀,有光泽	12~17分
	棕红色,比较均匀,无光泽	7~12分
	颜色偏暗,褐色,无光泽	1~6分
香气 (12)	有烤肉味,无异味	9~12分
	香味不明显	5~8分
	有异味	1~4分
组织状态 (17)	片形规则,厚薄基本均匀,无焦片、生片	12~17分
	片形基本规则,厚薄不太均匀,有空洞	7~12分
	片形不规则,厚薄不均匀,有焦片、生片	1~6分
滋味 (27)	甜咸适中,	19~27分
	偏咸或偏甜	10~18分
	过咸过甜	1~9分
口感 (27)	紧密有弹性,口感软硬适中	19~27分
	弹性一般,口感一般	10~18分
	弹性较差,口感偏硬,偏软	1~9分

1.3.5 单因素试验

表2 单因素试验因素水平表

因素	对照	1	2	3	4
大豆分离蛋白添加量/%	0	1.00	2.00	3.00	4.00
复合磷酸盐添加量/%	0	0.20	0.30	0.40	0.50
卡拉胶添加量/%	0	0.10	0.20	0.30	0.40

选取大豆分离蛋白、复合磷酸盐、卡拉胶3种添加物,其中复合磷酸盐的配比为三聚磷酸盐:六偏磷酸盐:焦磷酸盐=10:18:5^[19]。研究单因素变化对牛肉薄饼感官评价、剪切力、水分含量的影响,根据预实验确定牛肉薄饼的基础配方:大豆分离蛋白3.00%、复合磷酸盐0.30%、卡拉胶0.20%、白砂糖7.00%、食盐2.00%、料酒2.50%、黑胡椒0.50%、生抽2.50%、老抽0.80%、蚝油2.50%。因素水平见表2。

1.3.6 正交试验设计

综合单因素试验结果,从中选取大豆分离蛋白、复合磷酸盐、卡拉胶最适宜的三个浓度,采用三因素三水平正交分析方法,研究三种辅料对牛肉薄饼水分含量、剪切力、感官评价的影响。正交试验因素的水平如表3所示。

表3 正交因素水平及编码

水平	大豆蛋白添加量/A	复合磷酸盐添加量/B	卡拉胶添加量/C
-1	2.00%	0.20%	0.05%
0	3.00%	0.30%	0.10%
1	4.00%	0.40%	0.15%

1.3.7 数据处理

将剪切力、水分含量、感官评价数据均标准化为0~1之间的归一值。对数据越小越好的指标(剪切力)

表4 大豆分离蛋白添加量对牛肉薄饼感官评分的影响

大豆分离蛋白添加量	色泽	香气	组织状态	滋味	口感	总分
0%	11.00±2.61 ^a	8.00±1.10 ^a	13.33±1.63 ^a	16.17±2.48 ^b	16.67±2.73 ^b	65.17±3.92 ^c
1%	10.80±3.49 ^a	7.20±2.59 ^a	12.60±2.30 ^a	19.20±1.92 ^{ab}	18.40±1.14 ^{ab}	68.20±4.44 ^{bc}
2%	11.00±2.45 ^a	8.83±1.17 ^a	12.50±1.64 ^a	20.00±2.37 ^a	19.67±1.51 ^a	72.00±1.79 ^{ab}
3%	11.86±1.57 ^a	9.00±1.00 ^a	11.86±1.86 ^a	19.86±1.95 ^a	19.86±1.68 ^a	72.43±1.72 ^a
4%	9.33±4.16 ^a	7.67±0.58 ^a	13.00±2.00 ^a	18.33±2.31 ^{ab}	18.00±1.73 ^{ab}	66.33±2.52 ^c

注:表中数据为平均值±标准差;同一列中 a~c,字母相同表示差异不显著(p>0.05),字母不同则表示差异显著(p<0.05)。

下表5、6同。

由图1可知,当大豆分离蛋白添加量为1.00%~3.00%时,样品的水分含量随之增加,这与一些学者的研究结果一致,在肉糜产品加工过程中加入非肉蛋白可以提升产品的保水性^[21,22]。当大豆分离蛋

和数据越大越好的指标(水分含量、感官评价)进行归一值dmin与dmax的计算,公式如下^[20]:

$$dmin=(Dmax-Di)/(Dmax-Dmin)$$

$$dmax=(Di-Dmin)/(Dmax-Dmin)$$

剪切力、水分含量、感官评价的权重分别为0.3、0.3、0.4。将这三个指标的归一值分别与权重相乘,结果相加得出Y综合值。

Y综合值=剪切力归一值×0.3+水分含量归一值×0.3+感官总分×0.4

最后使用Excel 2007对结果进行统计,在SPSS 16.0统计分析软件中进行ANOVA单因素方差分析以及Duncan's检验(p<0.05),使用Origin 8.5进行作图。

2 结果与讨论

2.1 大豆分离蛋白添加量对水分含量、剪切力、感官评价的影响

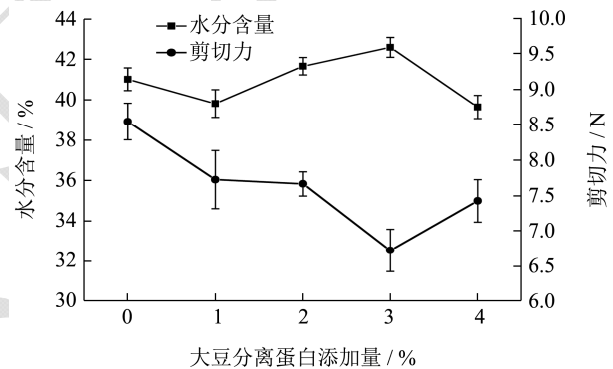


图1 大豆分离蛋白添加量对牛肉薄饼水分含量及剪切力的影响

Fig.1 Effect of the amount of soy protein isolate on the moisture content and shearing force of beef crepes

白添加量为1.00%~3.00%时,样品剪切力显著降低。由表4可知,随着大豆分离蛋白添加量的增加,产品的感官总分分别为65.17、68.20、72.00、72.43、66.33,主要体现在样品的滋味和口感的提高,但当大豆分离

蛋白添加量提高到 3%时, 感官评分开始呈显著性下降 ($p<0.05$), 这与刘广娟等^[23]的研究结果一致。感官评分的降低可能是由于水分含量降低, 使牛肉薄饼风味流失, 剪切力显著增大, 使牛肉薄饼嫩度降低, 口感变差。综合分析, 所选大豆分离蛋白添加范围为 2.00%~4.00%。

2.2 复合磷酸盐添加量对感官评价、剪切力、

水分含量的影响

由图 2 可知, 当复合磷酸盐添加量为 0%~0.30% 时, 样品的水分含量显著增加。在复合磷酸盐添加量为 0.30% 时, 牛肉薄饼的水分含量达到最高, 保水性最好, 这与孙迪等^[24]的研究结果一致。另外, 张杰等^[25]研究了保水剂对牦牛肉保水性的影响, 在复合磷酸盐添加量为 0.30% 时, 牦牛肉的保水性最好。在加工过程中加入复合磷酸盐后, 牛肉薄饼的剪切力显著降低 ($p<0.05$)。有研究表明在肉中加入磷酸盐, 一方面削弱结缔组织的胶原蛋白交联作用, 增强胶原蛋白在肉中的溶解度, 而增加肉品嫩度。另一方面, 磷酸

盐将肌球蛋白纤维与肌动蛋白纤维分离, 达到提高嫩度的效果^[26-28]。由表 5 可知, 随着复合磷酸盐添加量的增加, 产品的感官评分分别为 72.20、72.75、81.60、73.25、70.20, 主要体现在样品香气、滋味以及口感的提高, 但当复合磷酸盐添加量提高到 0.30% 时, 感官评分开始下降, 这可能是由于水分含量下降造成的牛肉薄饼多汁性下降, 口感降低。综合分析, 所选复合磷酸盐的添加范围为 0.20%~0.40%。

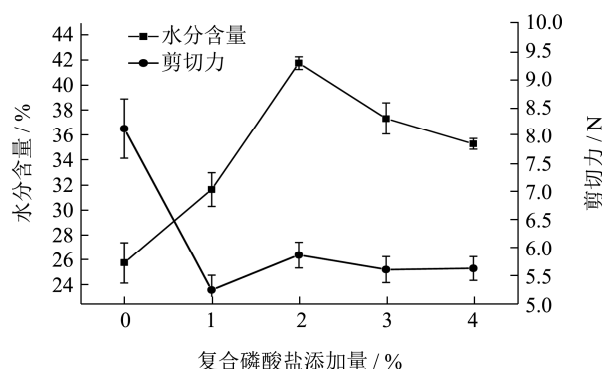


图 2 复合磷酸盐添加量对牛肉薄饼水分含量及剪切力的影响

Fig.2 Effect of the amount of compound phosphate added on the moisture content and shear of beef crepes

表 5 复合磷酸盐添加量对牛肉薄饼感官评分的影响

Table 5 Effect of compound phosphate content on sensory score of beef pancakes

复合磷酸盐添加量	色泽	香气	组织状态	滋味	口感	总分
0%	8.40±2.51 ^a	8.00±1.87 ^a	13.00±1.22 ^a	21.20±2.95 ^a	21.60±2.70 ^{ab}	72.20±5.72 ^b
0.20%	11.25±1.50 ^a	7.50±2.38 ^a	14.00±2.94 ^a	20.25±2.75 ^{ab}	19.75±2.22 ^b	72.75±4.57 ^b
0.30%	10.80±1.30 ^a	9.00±1.00 ^a	14.00±0.71 ^a	24.00±1.00 ^a	23.80±2.17 ^a	81.60±4.16 ^a
0.40%	11.50±3.11 ^a	9.75±1.71 ^a	11.50±1.29 ^a	21.75±3.77 ^a	18.75±3.20 ^b	73.25±6.18 ^b
0.50%	12.40±1.82 ^a	9.60±1.14 ^a	12.80±1.10 ^a	16.40±3.29 ^b	19.00±0.71 ^b	70.20±3.56 ^b

2.3 卡拉胶添加量对感官评价、剪切力、水分

含量的影响

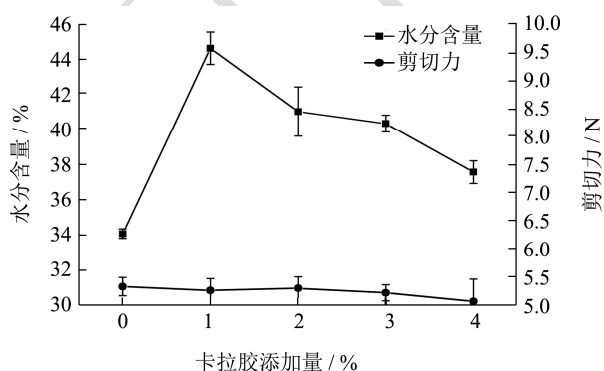


图 3 卡拉胶添加量对牛肉薄饼水分含量及剪切力的影响

Fig.3 Effect of the amount of carrageenan on the moisture content and shear of beef crepes

由图 3 可知, 当卡拉胶添加量为 0%~0.40% 时, 牛肉薄饼的水分含量显著增大。这是因为卡拉胶可以与蛋白质结合形成凝胶, 结合游离的水分, 减少了水分的流失^[29]。在卡拉胶添加量为 0.10% 时, 牛肉薄饼的保水效果为最好, 但卡拉胶添加量大于 0.10% 后水分含量降低, 保水效果减弱。牛肉薄饼剪切力随着卡拉胶添加量的增加并无显著性变化。由表 6 可知, 随着卡拉胶的增加, 牛肉薄饼的感官评分为 67.33、70.00、75.88、65.00、62.00, 主要体现在香气、滋味和口感的提高。这是因为卡拉胶可以与氨基酸的极性部分反应, 使盐溶蛋白、水溶蛋白等结合在卡拉胶形成的凝胶中, 可最大程度上保留牛肉薄饼的滋味, 保证其口感^[30]。然而当卡拉胶添加量提高到 0.20% 时, 感官评分开始降低, 这可能是由于水分含量的降低导致产品口感降低。综合分析, 所选卡拉胶的添加范围为 0.05%~0.15%。

表 6 卡拉胶添加量对牛肉薄饼感官评分的影响

Table 6 Effect of carrageenan on sensory score of beef pancakes

卡拉胶添加量	色泽	香气	组织状态	滋味	口感	总分
0.00%	10.50±0.84 ^a	9.67±1.75 ^a	12.50±2.59 ^a	17.67±3.78 ^b	17.00±3.95 ^{abc}	67.33±4.89 ^{bc}
0.10%	11.00±2.24 ^a	8.60±1.82 ^a	12.40±3.36 ^a	19.40±2.41 ^{ab}	18.60±5.03 ^{ab}	70.00±3.54 ^{ab}
0.20%	13.13±2.10 ^a	10.13±2.10 ^a	9.50±2.20 ^a	22.00±2.56 ^a	21.13±3.40 ^a	75.88±6.85 ^a
0.30%	12.29±1.38 ^a	9.57±1.72 ^a	12.14±1.35 ^a	17.00±3.11 ^b	14.00±4.65 ^{bc}	65.00±7.12 ^{bc}
0.40%	12.33±1.63 ^a	9.17±0.75 ^a	10.17±3.06 ^a	17.67±4.41 ^b	12.67±3.50 ^c	62.00±2.97 ^c

表 7 正交试验结果

Table 7 Orthogonal test result

试验序号	大豆蛋白添加量/%	复合磷酸盐添加量/%	卡拉胶添加量/%	水分含量/%	剪切力/N	感官总分	水分含量归一值	剪切力归一值	感官归一值	Y 综合值
1	1(2)	1(0.2)	1(0.05)	39.83	6.20	75.20	0.01	0.61	0.47	0.37
2	1(2)	2(0.3)	2(0.10)	43.61	7.70	84.90	0.80	0.00	1.00	0.64
3	1(2)	3(0.4)	3(0.15)	43.32	7.00	70.80	0.74	0.28	0.23	0.40
4	2(3)	1(0.2)	2(0.10)	40.08	6.20	66.90	0.06	0.61	0.02	0.21
5	2(3)	2(0.3)	3(0.15)	43.64	5.23	72.60	0.80	1.00	0.33	0.67
6	2(3)	3(0.4)	1(0.05)	40.66	7.57	66.53	0.18	0.05	0.00	0.07
7	3(4)	1(0.2)	3(0.15)	44.57	6.50	76.30	1.00	0.49	0.53	0.66
8	3(4)	2(0.3)	1(0.05)	39.78	7.17	70.73	0.00	0.22	0.23	0.16
9	3(4)	3(0.4)	2(0.10)	41.21	5.83	69.93	0.30	0.76	0.19	0.39

表 8 正交试验极差分析结果

Table 8 Range analysis results of orthogonal test

指标	K1	K2	K3	k1	k2	k3	R	因素主次	最优组合
水分含量	126.76	124.38	124.38	42.25	41.46	41.46	0.79	A<B<C	A ₁ B ₂ C ₃
	124.48	127.03	125.19	41.49	42.34	41.73	0.85		
	120.27	124.9	131.53	40.09	41.63	43.84	3.75		
剪切力	20.9	19	19	6.97	6.33	6.33	0.64	B<A<C	A ₃ B ₂ C ₂
	18.9	20.1	20.4	6.30	6.70	6.80	0.50		
	20.94	19.73	18.73	6.98	6.58	6.24	0.74		
感官总分	230.9	206.03	206.03	76.97	68.68	68.68	8.29	C<B<A	A ₁ B ₂ C ₃
	218.4	228.23	207.26	72.80	76.08	69.09	6.99		
	212.46	221.73	219.7	70.82	73.91	73.23	3.09		
Y 综合值	1.41	0.95	1.2	0.47	0.32	0.40	0.15	A<B<C	A ₁ B ₂ C ₃
	1.24	1.47	0.86	0.41	0.49	0.29	0.20		
	0.6	1.24	1.73	0.20	0.41	0.58	0.38		

2.4 极差分析法评价正交试验结果

本次实验通过多个指标进行正交试验的极差分析, 3 个指标的极差分析结果如表 8 所示。由表可知, 牛肉薄饼水分含量的主次影响顺序为 A<B<C, 对于水分含量来说, 最优组合为 A₁B₂C₃; 牛肉薄饼剪切力的主次影响顺序为 B<A<C, 对于剪切力来说, 最优组合为 A₃B₂C₂; 牛肉薄饼感官总分的主次影响顺序为 C<B<A, 对于感官总分来说, 最优组合为 A₁B₂C₃。

使用单一指标计算最佳方案较为片面, 因此使用综合值计算更为合适。牛肉薄饼 Y 综合值的主次影响顺序为 A<B<C, 影响牛肉薄饼 Y 值最重要的因素是卡拉胶添加量, 其次是复合磷酸盐添加量, 影响最小的是大豆分离蛋白添加量。根据正交试验综合指标评价的结果, 计算分析可以得到牛肉薄饼的最佳工艺配方 A₁B₂C₃, 大豆蛋白添加量为 2.00%, 复合磷酸盐添加量为 0.30%, 卡拉胶添加量为 0.15%。在此条件下加工的牛肉薄饼剪切力为 6.03, 水分含量为 42.87, 色泽

评分为 13.38, 香气评分为 11.00, 组织状态评分为 12.88, 滋味评分为 22.38, 口感评分为 23.25, 感官总分为 82.88。

2.5 主成分分析法评价正交试验结果

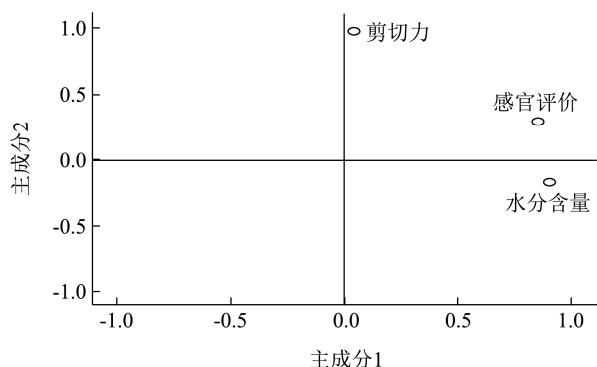


图4 旋转后的因子载荷图

Fig.4 Factor loading diagram after rotation

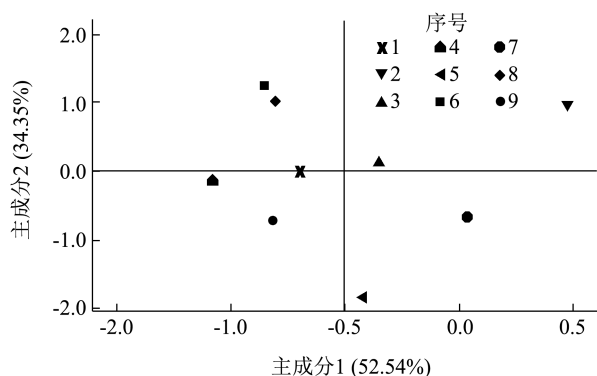


图5 因子得分散点图

Fig.5 Scatter plot of factors

表9 不同实验组主成分分析评价结果

Table 9 Principal component analysis and evaluation results of different experimental groups

组别	F ₁	F ₂	F _总	排名
1	-0.37	-0.11	-0.24	5
2	1.64	1.88	1.51	1
3	0.26	0.56	0.33	3
4	-1.08	-0.87	-0.87	9
5	0.67	-1.32	-0.09	4
6	-1.03	0.72	-0.30	6
7	1.22	0.35	0.76	2
8	-0.89	0.32	-0.36	7
9	-0.41	-1.04	-0.57	8

采用主成分分析法评价正交试验结果, 分析得出两者特征值均大于一, 其中主成分 1 的特征值为 1.576, 主成分 2 的特征值为 1.030, 两个主成分可代表 86.892% 的信息。图 4 为旋转后的因子自载荷图, 从图中可以看出, 主成分 1 与水分含量和感官评价之

间的相关系数较大, 主成分 2 与剪切力之间的相关系数较大。将各因子得分做成散点图, 结果如图 5 所示, 当考虑主成分 1 时, 试验 2 为首选; 考虑主成分 2 时, 试验 6 为首选。综合考虑, 选择试验 2 为最佳牛肉薄饼配方。

为避免不同单位和数据量纲干扰, 现对每个指标的原始数据进行标准化处理。根据原始变量的标准化值与因子得分系数计算各主成分得分, 公式如下:

$$F_1=0.609X_1-0.062X_2+0.534X_3$$

$$F_2=-0.231X_1+0.922X_2+0.203X_3$$

其中: X₁: 水分含量、X₂: 剪切力、X₃: 感官评价。

以两个主成分对应的方差相对贡献率为权重, 将各品种主成分得分和相应的权重进行线性加权求和, 公式如下:

$$F_{总}=0.53F_1+0.34F_2$$

计算正交试验每组的组合评价得分情况, 结果如表 9 所示, 因此, 通过主成分分析可以确定最佳的实验方案为 A₁B₂C₂, 即大豆蛋白添加量为 2.00%, 复合磷酸盐添加量为 0.30%, 卡拉胶添加量为 0.10%。

3 结论

3.1 本实验在牛肉糜中加入大豆分离蛋白、复合磷酸盐、卡拉胶, 研究其对牛肉薄饼品质的影响, 确定最优配方。从单因素试验分析的结果发现, 大豆分离蛋白添加量、复合磷酸盐添加量以及卡拉胶添加量牛肉薄饼的保水性、嫩度、感官评价影响显著。由极差法分析正交实验结果可知, 三种添加物对牛肉薄饼保水性、嫩度、感官评价综合值的影响依次为大豆分离蛋白<复合磷酸盐<卡拉胶。并得到这三种添加物在牛肉薄饼中的最佳添加量为大豆蛋白添加量 2.00%, 复合磷酸盐添加量 0.30%, 卡拉胶添加量 0.15%。根据主成分分析正交试验结果可知, 三种添加物在牛肉薄饼中的最佳添加量为大豆蛋白添加量 2.00%, 复合磷酸盐添加量 0.30%, 卡拉胶添加量 0.10%。

3.2 采用两种分析方法评价正交试验结果, 优化牛肉薄饼配方具有一定的合理性, 但都存在各自的缺点。极差分析中使用单一指标分析时, 结果误差较大, 权重赋值具有一定的主观性, 主成分分析综合评价函数的意义不太明确。因此综合两种方法评价正交试验可以提高结果的有效性。经过综合分析, 最佳方案为 A₁B₂C₂, 即大豆分离蛋白添加量为 2.00%、复合磷酸盐添加量为 0.30%、卡拉胶添加量为 0.10% 时, 为牛肉薄饼最佳工艺配方。本次研究优化了产品的品质, 增加了产品的多样性, 为开发高档牛肉肉糜产品提供了一条新思路。

参考文献

- [1] Cabrera M C, Saadoun A. An overview of the nutritional value of beef and lamb meat from South America [J]. *Meat Science*, 2014, 98(3): 435-444
- [2] 祝超智,赵改名,李苗云,等.中低档牛肉产品的市场现状及产品研发方向[J].*食品研究与开发*,2018,1:212-217
ZHU Chao-zhi,ZHAO Gai-ming, LI Miao-yun, et al. Study on the market status and development direction of common value beef products [J]. *Food Research and Development*, 2018, 1: 212-217
- [3] 赵改名,郝红涛,柳艳霞,等.肉糜类制品质地的感官评定方法[J].*中国农业大学学报*,2010,15(2):100-105
ZHAO Gai-ming, HAO Hong-tao, LIU Yan-xia, et al. Sensory evaluation approaches for texture characteristics of minced meat products [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2010, 15(2): 100-105
- [4] 杨珊珊.鸡肉糜脯加工工艺以及品质改善的研究[D].广州:华南理工大学,2010
YANG Shan-shan. Study on dried-chicken slice processing and quality improvement [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2010
- [5] 孟子晴,祝超智,赵改名,等.牛肉肉糜类制品加工技术研究进展[J].*肉类研究*,2018,32(12):55-61
MENG Zi-qing, ZHU Chao-zhi, ZHAO Gai-ming, et al. Recent progress in processing technologies for minced beef products [J]. *Meat Research*, 2018, 32(12): 55-61
- [6] 李跃文.鸭肉加工品质改良及乳化香肠的开发研究[D].雅安:四川农业大学,2016
LI Yue-wen. The research of duck meat processing quality improvement and development of emulsified sausage [D]. Yaan: Sichuan Agricultural University, 2016
- [7] Petracci M, Bianchi M, Mudalal S, et al. Functional ingredients for poultry meat products [J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2013, 33(1): 27-39
- [8] Motoki M, Seguro K. Transglutaminase and its use for food processing [J]. *Trends in Food Science & Technology*, 1998, 9(5): 204-210
- [9] Trespalacios P, Pla R. Simultaneous application of transglutaminase and high pressure to improve functional properties of chicken meat gels [J]. *Food Chemistry*, 2007, 100(1): 264-272
- [10] 郭炜,胡涛,陈宁前,等.响应面法优化肉脯加工工艺[J].*食品科学*,2012,33(20): 11-15
GUO Wei, HU Tao, CHEN Ning-qian, et al. Optimization of production process for pork jerky by response surface methodology [J]. *Food Science*, 2012, 33(20): 11-15
- [11] Youssef M K, Barbut S. Effects of two types of soy protein isolates, native and preheated whey protein isolates on emulsified meat batters prepared at different protein levels [J]. *Meat Science*, 2011, 87(1): 54-60
- [12] 陈景鑫,裴绍林,郭玲玲,等.复合嫩化剂对鹅肉干的影响研究[J].*肉类工业*,2015,9:46-48
CHEN Jing-xin, PEI Shao-lin, GUO Ling-ling, et al. Effects of compound tenderization agents on dried goose meat [J]. *Meat Industry*, 2015, 9: 46-48
- [13] Ayadi M A, Kechaou A, Makni I, et al. Influence of carrageenan addition on turkey meat sausages properties [J]. *Journal of Food Engineering*, 2009, 93(3): 278-283
- [14] 王铁良,李瑾,林秋萍.肉及肉制品中复合磷酸盐的分析研究[J].*食品科学*,2006,27(12):694-696
WANG Tie-liang, LI Jin, LIN Qiu-ping. Study on compound phosphates in meat and meat products [J]. *Food Science*, 2006, 27(12): 694-696
- [15] 韩敏义,李巧玲,陈红叶.复合磷酸盐在食品中的应用[J].*中国食品添加剂*,2004,3:93-96
HAN Min-yi, LI Qiao-ling, CHEN Hong-ye. The compound phosphates' application in food [J]. *China Food Additives*, 2004, 3: 93-96
- [16] 姜秀丽,曹传爱,李月,等.不同烘干时间对混合肉糜脯水分分布与品质相关性的研究[J].*食品科技*,2017,5:96-101
JIANG Xiu-li, CAO Chuan-ai, LI Yue, et al. The relationship between water distribution and quality of mixed minced meat slices as affected by different drying time [J]. *Food Science and Technology*, 2017, 5: 96-101
- [17] Li M, Wang H, Zhao G, et al. Determining the drying degree and quality of chicken jerky by LF-NMR [J]. *Journal of Food Engineering*, 2014, 139: 43-49
- [18] 陈佳新,逢晓云,夏秀芳,等.KCl 部分替代 NaCl 对低钠盐肉脯质量的影响[J].*肉类研究*,2017,31(6):24-28
CHEN Jia-xin, FENG Xiao-yun, XIA Xiu-fang, et al. Effect of NaCl partly replaced by KCl on the quality of low-sodium pork jerky [J]. *Meat Research*, 2017, 31(6): 24-28
- [19] 林巧.复合磷酸盐对建昌鸭肉脯出品率和品质的影响[J].*肉类研究*,2013,27(3):9-12
LIN Qiao. Impact of phosphate composites on the productivity and quality of Jianchang duck jerky [J]. *Meat Research*, 2013, 27(3): 9-12
- [20] 吴伟,崔光华,陆彬.实验设计中多指标的优化:星点设计和总评“归一值”的应用[J].*中国药学杂志*,2000,8:26-29

- WU Wei, CUI Guang-hua, LU Bin. Optimization of multiple evariables: application of central composite design and overall desirability [J]. Chinese Pharmaceutical Journal, 2000, 8: 26-29
- [21] Pietrasik Z, Jarmoluk A, Shand P J. Effect of non-meat proteins on hydration and textural properties of pork meat gels enhanced with microbial transglutaminase [J]. LWT-Food Science and Technology, 2007, 40(5): 915-920
- [22] Su Y K, Bowers J A, Zayas J F. Physical characteristics and microstructure of reduced-fat frankfurters as affected by salt and emulsified fats stabilized with nonmeat proteins [J]. Journal of Food Science, 2000, 65(1): 123-128
- [23] 刘广娟,徐泽权,邢世均,等.卡拉胶、转谷氨酰胺酶及大豆分离蛋白对猪 PSE 肉低温香肠保水性和感官品质的影响[J]. 肉类研究,2019,3:34-39
- LIU Guang-juan, XU Ze-quan, XING Shi-jun, et al. Effects of carrageenan, transglutaminase and soybean protein isolate on water-holding capacity and sensory quality of low-temperature sausage made from PSE pork [J]. Meat Research, 2019, 3: 34-39
- [24] 孙迪,邓亚敏,郑多多,等.不同盐处理对乳化肉糜的流变性质和凝胶特性的影响[J]. 食品与发酵工业,2018,44(9):102-108
- SUN Di, DENG Ya-min, ZHENG Duo-duo, et al. Effect of salt treatments on rheological and gelation properties of pork meat emulsions [J]. Food and Fermentation Industries, 2018, 44(09): 102-108
- [25] 张杰,唐善虎,李思宁,等.添加含磷与非磷保水剂对牦牛肉肉糜保水性的影响[J]. 食品工业科技,2017,8:264-268
- ZHANG Jie, TANG Shan-hu, LI Si-ning, et al. Effect of phosphorus or phosphorus-free agents on water-holding capacity of yak meat batters [J]. Science and Technology of Food Industry, 2017, 8: 264-268
- [26] 肖雅婷.磷酸盐和氯化钠腌制对牛肉嫩度影响的研究[J].现代农业科技,2011,13:331-331
- QU Ya-ting. Effect of phosphate and sodium chloride curing on beef tenderness [J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2011, 13: 331-331
- [27] 丛玉艳,党华龙,张建勋.焦磷酸钠处理对牛肉嫩度和系水力影响的研究[J].肉类工业,2006,1:24-26
- CONG Yu-yan, DANG Hua-long, ZHANG Jian-xun. Effect of sodium pyrophosphate on tenderness and WHC of beef [J]. Meat Industry, 2006, 1: 24-26
- [28] 朱晓龙.磷酸盐在肉类加工中的应用及检测[J].肉类工业,2003,7:36-41
- ZHU Xiao-long. Application and detection of phosphate in meat processing [J]. Meat Industry, 2003, 7: 36-41
- [29] 叶丹,雷激,任倩等.麸皮肉糜制品品质改善研究[J].食品科技,2018,43(2):161-166
- YE Dan, LEI Ji, REN Qian, et al. Improvement of sensory quality of products of bran-meat emulsion [J]. Food Science and Technology, 2018, 43(2): 161-166
- [30] 李开雄,刘成江,贺家亮.食用胶及其在肉制品中的应用[J].肉类研究,2007,7:43-45
- LI Kai-xiong, LIU Cheng-jiang, HE Jia-liang. Edible gelatin and its application in meat products [J]. Meat Research, 2007, 7: 43-45

(上接第 205 页)

- [35] 翟文婷,朱献标,李艳丽,等.牡丹籽油成分分析及其抗氧化活性研究[J].烟台大学学报(自然科学与工程版),2013,26(2): 147-150
- ZHAI Wen-ting, ZHU Xian-biao, LI Yan-li, et al. Composition analysis and antioxidant activity of peony seed oil [J]. Journal of Yantai University (Natural Science and Engineering Edition), 2013, 26(2): 147-150
- [36] 龚文静,王磊,邱玥,等.甜橙油抗氧化活性研究[J].安徽农业科学,2011,39(35):21783-21784,22131
- GONG Wen-jing, WANG Lei, QIU Yue, et al. Study on the antioxidant activity of sweet orange oil [J]. Anhui Agricultural Science, 2011, 39(35): 21783-21784, 22131
- [37] Dong H M, Zhang Q, Li L, et al. Antioxidant activity and chemical compositions of essential oil and ethanol extract of *Chuanminshen violaceum* [J]. Industrial Crops and Products, 2015, 76(6): 290-297
- [38] Filho A M, Pirozi MR, Borges J T, et al. Chaves J B, Coimbra J S. Quinoa: Nutritional, functional, and antinutritional aspects [J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2017 57(8): 1618-1630
- [39] 吴雪辉,周薇,李昌宝,等.茶油的氧化稳定性研究[J].中国粮油学报,2008,23(3):96-99
- WU Xue-hui, ZHOU Wei, LI Chang-bao, et al. Study on oxidation stability of camellia oil [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2008, 23(3): 96-99
- [40] Bradley D G, Min D B. Singlet oxygen oxidation of foods [J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 1992, 31(3): 211-236