

DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.016405

引用格式:郭宗林,余群力,韩玲,等.涂抹型牛肝酱加工工艺研究[J].食品与发酵工业,2018,44(10):175-182.

GUO Zong-lin, YU Qun-li, HAN Ling, et al. Study on processing technology of bovine liver paste[J]. Food and Fermentation Industries, 2018, 44(10):175-182.

涂抹型牛肝酱加工工艺研究

郭宗林¹, 余群力^{1*}, 韩玲¹, 林梁², 张文华³, 赵索南⁴

1(甘肃农业大学 食品科学与工程学院, 甘肃 兰州, 730070) 2(甘肃祁连牧歌食品工业股份有限公司, 甘肃 张掖, 734000)

3(中卫市夏华清真肉食品有限公司, 宁夏 中卫, 751700) 4(海北州畜牧兽医科学研究所, 青海 海北, 810200)

摘要 以新鲜牛肝为原料制作牛肝酱, 用模糊综合评判法评价牛肝酱质量。对清洗时间、料液比进行单因素试验, 确定最佳条件, 并对品质改良剂进行筛选, 利用响应面研究各因素及其交互作用对牛肝酱品质的影响。结果表明, 在清洗 2 h、料液比为 6:1、品质改良剂为鸡油, 大豆蛋白添加量为 3.3% (质量分数)、鸡油添加量 2.9% (质量分数)、卡拉胶添加量 0.2% (质量分数) 时, 得到的牛肝酱最好, 感官评分最高、且黏度适宜, 风味独特, 香气浓郁, 涂层均匀。并对制得的牛肝酱进行常规理化指标、挥发性风味物质及脂肪酸进行测定, 牛肝酱中蛋白质含量较高, 脂肪含量较低, 挥发性风味物质共检测出 44 种, 脂肪酸共检出 17 种, 是一种营养健康佐餐食品。

关键词 牛肝; 牛肝酱; 模糊综合评判法; 工艺优化; 风味物质及脂肪酸

我国是养牛大国, 2015 年末我国牛存栏数为 10 578.04 万头^[1]。随着我国养牛产业的大力发展, 牛副产物产量也逐年增加, 在屠宰过程中红白脏器约占畜体重的 8.47%^[2-3]。牛肝是牛储存养料的重要器官, 牛肝中左旋肉碱、牛磺酸、谷胱甘肽、 V_A 、 V_E 及铁的含量非常丰富, V_A 的含量远超肉、奶、蛋、鱼等制品^[4-7]。已有研究表明牛肝中的活性物质具有很重要的生理和保健功能^[8-9]。牛肝中糖原和矿物质含量丰富, 其蛋白含量与牛肉的蛋白含量接近, 且脂肪含量较低^[10]。

目前, 国内外对牛肝活性成分研究比较多。例如以牛肝为原料提取左旋肉碱, 以牛肝为主要原料提取牛磺酸等^[11-13]。而牛肝类食品目前在市场上销售也很少。本研究采用经检疫合格的牛肝, 经过一系列加工工艺加工成为牛肝酱, 用模糊数学法评判牛肝酱感官品质, 并对牛肝酱制作工艺进行优化, 为后期牛肝酱的工厂化生产与产品推广提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料与设备

第一作者: 硕士研究生(余群力教授为通讯作者, E-mail: yuqun-lihl@163.com)。

基金项目: 国家肉牛牦牛产业技术体系项目(CARS-37); 青海省重点研发与转化计划项目(2017-NK-C6); 甘肃省财政厅专项

收稿日期: 2017-12-01, 改回日期: 2017-12-26

牛肝(采至陕西秦宝牧业有限公司)经过检疫合格的牛方可上屠宰生产线。牛肝采集后, 将表面脂肪等物质去除, 并用保鲜膜将其包裹后, 在 -20℃ 下冻藏备用。奶粉、大豆蛋白、淀粉、卡拉胶、植物油均为食品级。

胶体磨(JMS-50 型), 廊坊市冠通机械有限公司; 电子天平(BSA224 型), 赛多利斯科学仪器有限公司; 组织捣碎机(JJ-2 型), 金坛市新航仪器厂; 数字式黏度计(NDJ-50 型), 上海伦捷机电仪表有限公司; 自动凯氏定氮仪(K9840 型), 济南海能仪器有限公司; 索氏抽提装置(NAI-CCQ-150S 型), 上海允延仪器有限公司; 旋转蒸发器(RE-52CS 型), 郑州市亚荣仪器有限公司; 气相色谱-质谱联用仪(Agilent 6890 GC-5973 MSD 型), 美国 Agilent 公司; 美的电磁灶(WT2116)。美的集团股份有限公司。

1.2 牛肝酱感官质量评价

挑选 30 人(男女各 15 人)作为评价小组, 牛肝酱分为 5 个级别, 优, 良, 中, 差, 极差。85~100 分为优, 80~84 分为良, 75~79 分为中, 70~74 分为差, 65~69 分为极差。评定标准见表 1。

对牛肝酱质量进行评价, 因素集 $U = \{\text{色泽, 凝胶性, 涂抹性, 质地, 滋味}\}$, 权重集 $X = \{0.15, 0.10, 0.25, 0.25, 0.25\}$ 。评语集 $V = \{\text{优, 良, 中, 差, 极差}\}$ 。第 n 个因素的为 $R_n = \{r_{n1}, r_{n2}, \dots, r_{nn}\}$, U 被认作为 R_n 的模糊子集, 从因素 n 到该因素的结果 V_n 的隶属度用 r_{nn} 表示, 同理可得到其余因素的 R 集。在

表 1 感官评价表

Table 1 Sensory evaluation table

类型	感官评价	评分(总分 100 分)
色泽 (15 分)	酱体呈灰白色,色泽均匀,有光泽	10~15
	酱体呈灰色,色泽较均匀,略有光泽	5~9
	酱体呈暗灰色,色泽不均匀,无光泽	0~4
凝胶性 (10 分)	酱体均匀无分层,且无液体析出	7~10
	酱体有细小裂纹,有少量液体析出	4~6
	酱体分层明显,有较多液体析出	0~3
涂抹性 (25 分)	涂层光滑连贯,且易涂抹	17~25
	易涂抹,涂层均匀但不光滑连贯	9~16
	较易涂抹,涂层均匀但不光滑	0~8
质地 (25 分)	质地柔软,富有弹性	17~25
	质地较柔软,略有弹性	9~16
	质地较硬,无弹性,	0~8
滋味 (25 分)	口感细腻、软滑,香气浓郁,无肝臭味	17~25
	略有涩感,软滑感一般,有香气,肝臭味不明显	9~16
	涩感较重,无香气,肝臭味明显	0~8

得出 R 和 X 后,对其进行模糊数学变换: $Y=X\cdot R=\{e_1,e_2,e_3,e_4,e_5\}$,分数矩阵由各等级区间的平均数构成, $S=\{92.5,82,77,72,67\}$,计算可得出各个牛肝酱的最终得分 $W=Y\cdot S$ 。

1.3 工艺优化

1.3.1 单因素试验设计

在牛肝酱加工过程中发现,清洗时间、打浆料液比对牛肝酱感官评分影响很大;不同品质改良剂对牛肝酱的感官评分及黏度影响较大,因此本试验分别考察牛肝清洗时间(1、1.5、2、2.5、3 h)、打浆料液比(3:1、4:1、5:1、6:1、7:1)、3 种品质改良剂(鸡油、植物油、大豆卵磷脂)(1%、2%、3%、4%、5%)对牛肝酱品质的影响。

1.3.2 牛肝酱配方优化

在前期单因素试验的基础上,根据 Box-Behnken 试验设计原理,选取 X_1 (大豆蛋白)、 X_2 (鸡油)、 X_3 (卡拉胶添加量)为自变量,以牛肝酱 Y_1 感官评分、 Y_2 黏度为响应值设计 3 因素 3 水平响应面分析试验,试验因素及水平见表 2。

表 2 Box-Behnken 试验因素水平表

Table 2 Box-Behnken test factor level table

编码	大豆蛋白	鸡油添加	卡拉胶添
	添加量(质量 分数)(X_1)/%	量(质量分 数)(X_2)/%	加量(质量 分数)(X_3)/%
-1	2	2	0.1
0	3	3	0.2
1	4	4	0.3

1.4 营养成分及黏度测定方法

水分含量的测定:参照 GB 5009.3—2016《食品中水分的测定》;蛋白质含量的测定:参照 GB 5009.5—2016《食品中蛋白质的测定》;脂肪含量的测定:参照 GB 5009.6—2016《食品中脂肪的测定》。NDS-50 数字式黏度计 测定牛肝酱的黏度。

1.5 挥发性风味物质测定方法

挥发性风味物质的测定参照马腾臻等^[15]方法并略作修改。取 5 g 牛肝酱置于含有 10 g NaCl 的 15 mL 香气瓶中密封后,90 ℃ 水浴,顶空萃取 30 min 后,气相色谱—质谱(GC-MS)检测解吸 5 min。

GC 条件:OV1701 色谱柱(50 m×0.2 mm,0.33 μm);进样口温度 220 ℃;升温程序:初温 45 ℃ 保持 5 min,以 3 ℃/min 升至 180 ℃,保持 5 min;载气(He)流速 0.8 mL/min;分流比 20:1。

MS 条件:电子轰击离子源;电子能量 70 eV;传输线温度 180 ℃;离子源温度 220 ℃;质量扫描范围 m/z 50~450。

1.6 脂肪酸测定方法

脂肪酸测定参照 AVIS 等^[14]的方法并略作修改。准确称取 3.0 g 牛肝酱,转移至含有 5 mL 14% 的三氟化硼-甲醇溶液的 50 mL 圆底烧瓶中,经 90 ℃ 回流 90 min,冰浴冷却后,转移至 50 mL 离心管中。加入水和正己烷各 9 mL,充分混合后,在常温下以 4 000 r/min 离心 10 min,收集正己烷相,再向离心管中加正己烷 8 mL,重复上述步骤 2 次,将收集液合并。在 40 ℃ 条件下减压旋转蒸发至干后,加入 1 mL 甲醇后,涡旋至全部溶解,经 0.22 μm 有机滤膜过滤后,进 GC-MS 分析。

色谱(GC)条件:DB-23 石英毛细管柱(60 m×0.25 mm×0.25 μm);进样口温度 250 ℃,升温程序:初温 140 ℃,保持 4 min,4 ℃ min⁻¹ 升温至 230 ℃,保持 15 min;载气(He)流速 1 mLmin⁻¹;进样量:1 μL,分流比 90:1。

质谱(MS)条件:电子轰击离子源;电子能量 70 eV;传输线温度 150 ℃,离子源温度 230 ℃,扫描范围 15~550 m/z ,辅助温度 230 ℃。

1.6 数据统计分析

采用 SPASS 8.5 软件进行数据方差分析;响应面试验设计采用 Design Expert 8.0 进行分析。

2 结果与分析

2.1 牛肝酱感官评分计算示例

以 Box-Behnken 设计中的 1 号牛肝酱为例,对其

品质进行评定,其结果如表 3 所示。 $Y = X \cdot R = (0.15,0.10,0.20,0.25,0.30)$ 。评定结果归一化处理后,可以看出,20.70% 的评价员认为是优,33.30% 的评价员认为是良,22.60% 的评价员认为是中,12.22% 的评价员认为是差,4.5% 的评价员认为是极差。因此 1 号牛肝酱的最终感官评分 $W = Y \cdot S = (0.207,0.333,0.220,0.122,0.045)$ (92.5,82,77,

72,67) = 73.834

$$\begin{bmatrix} 0.200 & 0.367 & 0.300 & 0.300 & 0.033 \\ 0.300 & 0.267 & 0.300 & 0.300 & 0.033 \\ 0.200 & 0.367 & 0.233 & 0.167 & 0.067 \\ 0.167 & 0.333 & 0.333 & 0.100 & 0.067 \end{bmatrix} = [0.207 \quad 0.333 \quad 0.226 \quad 0.122 \quad 0.045]$$

表 3 Box-Behnken 设计中 1 号牛肝酱感官评判结果

Table 3 Box-Behnken No. 1 brovin liver paste sensory evaluation results

因素	权重	评分				
		I	II	III	IV	V
色泽与气味	0.15	6(0.200)	11(0.367)	9(0.300)	3(0.300)	1(0.033)
凝胶性	0.1	9(0.300)	8(0.267)	9(0.300)	3(0.300)	1(0.033)
涂抹型	0.2	7(0.233)	9(0.300)	10(0.333)	4(0.133)	0(0.000)
质地	0.25	6(0.200)	11(0.367)	7(0.233)	5(0.167)	2(0.067)
滋味	0.3	5(0.167)	10(0.333)	10(0.333)	3(0.1)	2(0.067)

2.2 牛肝酱制作条件优化

2.2.1 加工工艺条件优化

由图 1-A 可知,随清洗时间延长,牛肝酱感官评分逐渐增大,这可能由于牛肝中残留的血被洗出,使牛肝酱颜色呈现亮白色,且牛肝酱的肝臭味降低;时间过长,牛肝表层组织松散,并且出现异味,降低牛肝

酱的接受度,同时还会延长产品制作时间,故清洗时间为 2 h 最佳。在图 1-B 中随着料液比的增大,牛肝酱感官评分先增大后减小,当料液比较低时,牛肝酱呈水滴状,难以涂抹,易扩散,当达到 6:1 时,牛肝酱易涂抹且涂层均匀,继续增大发现,涂层均匀,但涂抹困难。故料液比为 6:1 最佳。

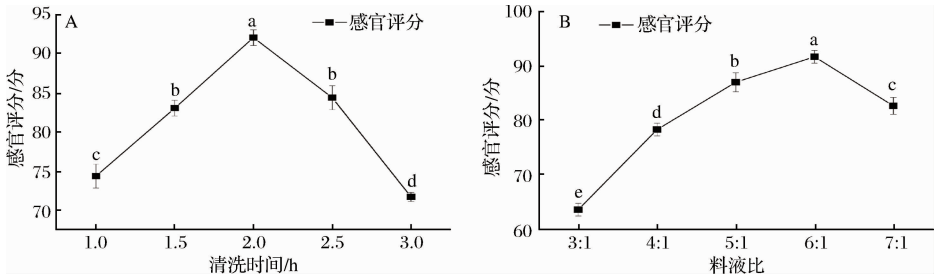


图 1 清洗时间 (A) 和料液比 (B) 对牛肝酱感官评分的影响

Fig.1 Effect of cleaning time (A) and ratio of water (B) on bovine liver paste

2.2.2 品质改良剂筛选

在图 2 中,同一条件下,3 种品质改良剂(鸡油、植物油、大豆卵磷脂)都不添加时牛肝酱浓稠程度较差,口感、风味较差,但随着 3 种品质改良剂添加量增

加,感官评分均呈现先增加后减少的趋势,而黏度在 3 种改良剂达到 3% 时,均已超过 20 Pa·s,已经超过了最佳黏度范围。

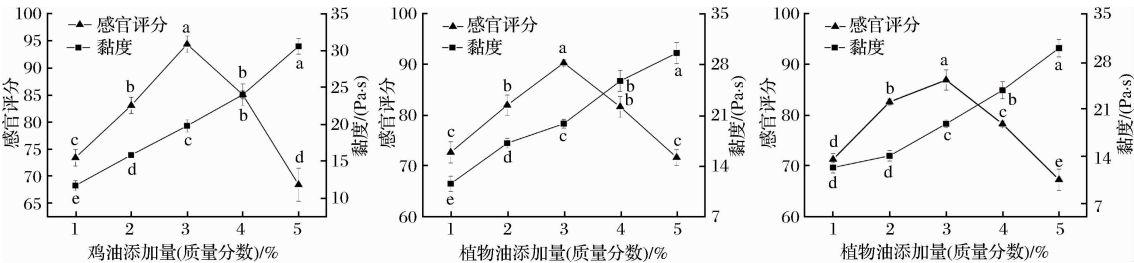


图 2 不同改良剂对牛肝酱品质的影响

Fig.2 Effect of different conditioners on the quality of bovine liver paste

植物油和大豆卵磷脂添加量在 3% 时,牛肝酱的风味一般,且有少量的水渗出。当鸡油添加量在 3% 时,牛肝酱的感官品质最好,且风味浓郁,这可能是鸡油通过 Maillard 反应产生浓郁的香气^[16],且口感、凝胶形态和涂抹性俱佳。

2.2.3 牛肝酱配方优化

通过响应面法优化牛肝酱配方。结合相关文献^[17-19]并对各因素进行单因素试验,选择大豆蛋白添加量、鸡油添加量、卡拉胶添加量为自变量,以牛肝酱感官评分和黏度值为响应值,进行响应面优化试验。实验方案与结果见表 4。

表 4 Box-Behnken 试验设计及其响应值

Table 4 Box-Behnken design matrix and response values for the yieldand purity of phycoerythrin from laver					
试验号	大豆蛋 白(X_1)/%	鸡油(X_2)/ %	卡拉胶 (X_3)/%	感官评 价(Y_1)/分	黏度(Y_2)/ (Pa·s)
1	-1	-1	0	73.8	13.2
2	-1	0	1	70	12.1
3	0	-1	-1	78.1	14.2
4	0	1	-1	70.5	12.4
5	-1	1	0	70.4	12.4
6	-1	0	-1	74.2	13.6
7	0	-1	1	70.6	12.4
8	0	0	0	90.4	18.11
9	1	0	1	77.8	13.9
10	0	0	0	91.8	18.14
11	1	0	-1	80.7	15.3
12	1	-1	0	82.5	16.1
13	1	1	0	77.3	13.8
14	0	0	0	90	18.08
15	0	1	1	70.5	12.4
16	0	0	0	91	18.4
17	0	0	0	92.2	18.6

运用 Design-ExpertV8.0 软件得出感官评分和黏度与大豆蛋白添加量、鸡油添加量和卡拉胶添加量之间的相互关系。试验所得数据进行二次多元回归拟合后,获得 Y_1 (感官评分) 与 Y_2 (黏度) 对自变量 X_1 (大豆蛋白添加量)、 X_2 (鸡油添加量) 和 X_3 (卡拉胶添加量) 的关系为:

$$Y_1 = 91.08 + 3.74X_1 - 2.04X_2 - 1.83X_3 - 0.45X_1X_2 + 0.32X_1X_3 - 1.88X_2X_3 - 5.92X_1^2 - 9.17X_2^2 - 9.49X_3^2 \quad (1)$$

$$Y_2 = 18.27 + 0.98X_1 - 0.61X_2 - 0.59X_3 - 0.38X_1X_2 + 0.025X_2X_3 + 0.45X_1X_3 - 1.76X_1^2 - 2.63X_2^2 - 2.78X_3^2 \quad (2)$$

Y_1 和 Y_2 方程的有效性利用分析软件进行进一步分析,结果见表 5,表 6。

由表 5 可知,一次项 X_1 、 X_2 、 X_3 对响应值 Y_1 (感官评分) 和 Y_2 (黏度) 的影响极显著($p < 0.01$);二次项 X_1^2 、 X_2^2 和 X_3^2 对 Y_1 和 Y_2 的影响极显著($p < 0.01$);交互项 X_1X_2 和 X_2X_3 对 Y_1 的影响不显著, X_1X_3 对响应值 Y_1 的影响显著($p < 0.05$); X_1X_2 和 X_1X_3 对响应值 Y_2 的影响显著($p < 0.05$), X_2X_3 对 Y_2 的影响不显著。由此可知, X_1 、 X_2 、 X_3 与 Y_1 、 Y_2 之间不是线性关系。

由表 6 可知,回归模型的显著度很高, Y_1 和 Y_2 的相关系数 R^2 分别为 0.996 8 和 0.993 4,说明该模型的拟合度良好,表明试验值与预测值误差极小,该模型所得数据可信;并且调整相关系数 R^2_{Adj} 分别为 0.992 7 和 0.985 0,说明 Y_1 、 Y_2 的模型能够解释 99.34% 和 98.50% 的试验结果,仅有 0.66% 和 1.50% 的试验结果该模型不能预测。失拟项表示预测值与实际值不契合的概率^[19],本试验中 Y_1 和 Y_2 模型失拟项的 p 值分别为 0.937 3 和 0.166 0(都大于 0.1),模型失拟项不显著,说明 Y_1 和 Y_2 模型拟合

表 5 牛肝酱感官评分和黏度拟合多元二次方程模型的方差分析

Table 5 Analysis of variance for each term in the fitted quadraticpolynomial models for phycoerythrin yield and purity							
模型项目		系数评估	标准误差	方差和	均方差	F 值	p 值
常数项	Y_1 (感官评分)	91.080	0.327				
	Y_2 (黏度)	18.266	0.136				
X_1 (大豆蛋白添加量)	Y_1	3.738	0.258	111.751	111.751	209.132	<0.000 1
	Y_2	0.975	0.107	7.605	7.605	82.303	<0.000 1
X_2 (鸡油添加量)	Y_1	-2.038	0.258	33.211	33.211	62.152	0.000 1
	Y_2	-0.613	0.107	3.001	3.001	32.480	0.000 7
X_3 (卡拉胶添加量)	Y_1	-1.825	0.258	26.645	26.645	49.864	0.000 2
	Y_2	-0.588	0.107	2.761	2.761	29.883	0.000 9
X_1X_2	Y_1	-0.450	0.365	0.810	0.810	1.516	0.258 0
	Y_2	-0.375	0.152	0.563	0.563	6.087	0.043 0
X_2X_3	Y_1	0.325	0.365	0.422	0.422	0.791	0.403 4
	Y_2	0.025	0.152	0.002	0.002	0.027	0.874 0
X_1X_3	Y_1	1.875	0.365	14.063	14.063	26.317	0.001 4
	Y_2	0.450	0.152	0.810	0.810	8.766	0.021 1

续表 5

	模型项目	系数评估	标准误差	方差和	均方差	F 值	p 值
X_1^2	Y_1	-5.915	0.356	147.315	147.315	275.686	<0.000 1
	Y_2	-1.758	0.148	13.013	13.013	140.828	<0.000 1
X_2^2	Y_1	-9.165	0.356	353.673	353.673	661.865	<0.000 1
	Y_2	-2.633	0.148	29.190	29.190	315.902	<0.000 1
X_3^2	Y_1	-9.490	0.356	379.200	379.200	709.639	<0.000 1
	Y_2	-2.783	0.148	32.611	32.611	352.921	<0.000 1

表 6 多元回归模型方差分析表

Table 6 Analysis of variance (ANOVA) for the quadratic polynomial models

	来源	方差和	自由度	均方差	F 值	p 值	显著性
模型	Y_1 (感官评分)	1 165.124	9	129.458	242.269	<0.000 1	* * *
	Y_2 (黏度)	97.926	9	10.881	117.752	<0.000 1	* * *
适合度缺损	Y_1	0.332	3	0.111	0.130	0.937 3	ns
	Y_2	0.443	3	0.148	2.888	0.166 0	ns
纯误差	Y_1	3.408	4	0.852			
	Y_2	0.204	4	0.051			
残差	Y_1	3.741	7	0.534			
	Y_2	0.647	7	0.092			
		$Y_1: R^2 = 0.996\ 8, R^2_{Adj} = 0.992\ 7$					
		$Y_2: R^2 = 0.993\ 4, R^2_{Adj} = 0.985\ 0$					

注: * * * 表示差异极显著, ($p < 0.01$)。

度良好。综上所述,回归模型拟合程度良好,试验误差小,能够准确的分析和预测牛肝酱感官评分和黏度。

2.2.4 最佳加工条件及验证

运用 Design-Expert V8.0 软件,得出牛肝酱制作最佳工艺条件。即大豆蛋白添加量(质量分数)为 3.3%、鸡油添加量(质量分数)为 2.86%、卡拉胶添加量(质量分数)0.19%。在此条件下试验所得牛肝酱的感官评分为 91.89 分,黏度为 18.48 Pa · s。考虑到操作的可行性,最优提取参数调整为大豆蛋白添加量(质量分数)为 3.3%、鸡油添加量(质量分数)为 2.9%、卡拉胶添加量(质量分数)为 0.2%。代入拟合方程,计算得出牛肝酱感官评分为 90.63 分,黏度为 17.67 Pa · s。与理论值非常接近。

2.3 理化成分、挥发性风味物质及脂肪酸含量

目前市售鹅肝酱蛋白含量约为 12%,脂肪含量约为 30%。本试验所得牛肝酱蛋白质含量比鹅肝酱高约 40%,脂肪含量低约 60%,这可能与 2 种产品加工过程中所添加的原料与配料有关。牛肝酱中蛋白质含量高,脂肪含量低,是一种健康营养类食品。

牛肝酱在加工过程中受热产生的挥发性风味物质主要来自于蛋白质、美拉德反应、脂质氧化和硫胺素降解等,其主要产物为醛、酮、烃、酸、醇、羧酸、酯等挥发性香气物质^[21]。由表 8 可知,牛肝酱中共有 44

表 7 牛肝酱理化成分

Table 7 Physical and chemical compositions of bovine liver paste

水分(质量 分数)/%	灰分(质量 分数)/%	蛋白质(质 量分数)/%	粗脂肪(质 量分数)/%	黏度/ (Pa · s)
63.51 ± 0.84	2.36 ± 0.47	22.34 ± 0.28	12.67 ± 0.51	18.86 ± 0.49

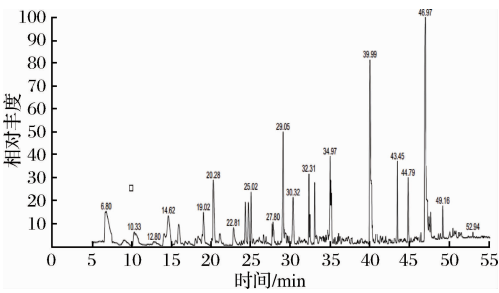


图 4 牛肝酱挥发性化合物总离子流图

Fig. 4 Total ion flow diagram of volatile compounds in bovine liver paste

种挥发性风味物质被检测,分别为醇类、醛类、烃类、酮类、酸类、酯类、芳香类、醚类。牛肝酱中酸类物质占总挥发性风味物质相对含量最高,达到 36.99%,牛肝酱中风味含量最高的为辛酸,达到了 11.64%。

表 8 牛肝酱风味物质成分

Table 8 volatile flavor compounds of bovine liver paste

保留时间/min	化合物名称	英文名称	CAS 号	化学式	相对百分含量/%
	醇类				9.48%
16.73	1-戊醇	1-pentanol	71-41-0	C ₅ H ₁₂ O	0.31
25.02	1-辛烯-3-醇	1-octen-3-ol	3391-86-4	C ₈ H ₁₆ O	5.26
29.6	2,3-丁二醇	2,3-butanediol	513-85-9	C ₄ H ₁₀ O ₂	0.75
38.98	2-十三烯醇	2-tridecen-1-ol	74962-98-4	C ₁₃ H ₂₆ O	0.31
43.09	苯乙醇	phenethyl alcohol	1960-12-8	C ₈ H ₁₀ O	2.85
	烃类				5.41
14.09	双戊烯	dipentene	138-86-3	C ₁₀ H ₁₆	1.22
21.5	十三烷	3-methyltridecane	6418-41-3	C ₁₄ H ₃₀	0.22
26.91	十五烷	pentadecane	629-62-9	C ₁₅ H ₃₂	0.73
49.16	十六烷	hexadecanal	629-80-1	C ₁₆ H ₃₂ O	3.24
	酸类				24.02
25.69	乙酸	acetic acid glacial	64-19-7	C ₂ H ₄ O ₂	2.67
32.43	丁酸	butyric acid	107-92-6	C ₄ H ₈ O ₂	2.85
32.79	二十碳五烯酸	eicosapentaenoic	10417-94-4	C ₂₀ H ₃₀ O ₂	0.10
36.48	正戊酸	valeric acid	109-52-4	C ₅ H ₁₀ O ₂	0.40
43.75	庚酸	heptanoic acid	111-14-8	C ₇ H ₁₄ O ₂	1.04
47.17	辛酸	octanoic acid	124-07-2	C ₈ H ₁₆ O ₂	11.64
50.43	壬酸	nonanoic acid	112-05-0	C ₉ H ₁₈ O ₂	0.92
54.14	癸酸	decanoic acid	334-48-5	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	4.40
	醛类				36.99
7.65	戊醛	valeraldehyde	110-62-3	C ₅ H ₁₀ O	0.05
10.51	己醛	hexanal	66-25-1	C ₆ H ₁₂ O	1.14
20.28	2-庚烯醛	trans-2-heptenal	18829-55-5	C ₇ H ₁₂ O	6.54
22.81	壬醛	1-nonanal	124-19-6	C ₉ H ₁₈ O	1.79
24.68	2-辛烯醛	2-octenal	2363-89-5	C ₈ H ₁₄ O	4.26
33.03	2-癸烯醛	trans-2-decenal	3913-81-3	C ₁₀ H ₁₈ O	6.04
35.93	4-乙基苯甲醛	4-ethylbenzaldehyde	4748-78-1	C ₉ H ₁₀ O	0.61
37.14	十三醛	tridecanal	10486-19-8	C ₁₃ H ₂₆ O	1.21
38.41	4-异丙基苯甲醛	4-isopropylbenzaldehyde	122-03-2	C ₁₀ H ₁₂ O	3.17
42.42	肉豆蔻醛	tetradecanal	124-25-4	C ₁₄ H ₂₈ O	3.38
44.79	正十五碳醛	pentadecanal	2765-11-9	C ₁₅ H ₃₀ O	6.47
47.42	对甲氧基苯甲醛	anisic aldehyde	123-11-5	C ₈ H ₈ O ₂	2.32
	酮				4.97
18.87	3-羟基-2-丁酮	3-hydroxy-2-butanone	513-86-0	C ₄ H ₈ O ₂	1.03%
19.02	1-辛烯-3-酮	1-octen-3-one	4312-99-6	C ₈ H ₁₄ O	3.24
20.69	甲基庚烯酮	methylheptenone	110-93-0	C ₈ H ₁₄ O	0.43
38.71	3-甲基苯乙酮	3'-methylacetophenone	585-74-0	C ₉ H ₁₀ O	0.28
	酯类				15.31
24.31	辛酸乙酯	ethyl caprylate	106-32-1	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	4.29
28.4	壬酸乙酯	ethyl nonanoate	123-29-5	C ₁₁ H ₂₂ O ₂	0.33
29.29	乙酸芳樟酯	linalyl acetate	115-95-7	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	2.40
32.31	癸酸乙酯	ethyl caprate	110-38-3	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	6.83
38.23	花生四烯酸甲酯	methyl arachidonate	2566-89-4	C ₂₁ H ₃₄ O ₂	0.09
52.49	棕榈酸乙酯	ethyl palmitate	628-97-7	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	0.06
35.45	2-乙基丁酸烯丙酯	allyl 2-ethylbutyrate	7493-69-8	C ₉ H ₁₆ O ₂	0.43
46.4	十四酸乙酯	ethyl myristate	124-06-1	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	0.89
	芳香类				1.29
46.14	苯酚	phenol	108-95-2	C ₆ H ₆ O	0.73
48.61	4-甲基苯酚	4-hydroxytoluene	106-44-5	C ₇ H ₈ O	0.56
	醚类				2.53
34.01	4-烯丙基苯甲醚	4-allylanisole	140-67-0	C ₁₀ H ₁₂ O	2.53

对于醇类挥发性物质来说由于其阈值较高,总体上对风味贡献不大,除非其浓度较高^[22]。牛肝酱中检测出的 1-辛烯-3-醇相对含量较大,且阈值较低,对牛肝酱的风味有一定的影响。酯类化合物是由低级

饱和脂肪酸和饱和脂肪醇形成的酯,可以赋予产品特殊香气^[23]。在牛肝酱中共检测到 8 种酯类化合物,占总挥发性成分的 15.31%。其中癸酸乙酯含量最高达到 6.83%。

由表 9 可知,牛肝酱中共检测出 17 种脂肪酸。其中饱和脂肪酸(SFA)有 7 种。15-甲基十五烷比例最大。单不饱和脂肪酸(MUPA)有 3 种,MUPA 中油酸(C18:1)含量最为丰富,研究表明,MUPA 对于预防心血管疾病具有重要意义,特别是油酸,它具有降低人体胆固醇水平的效果,并对预防动脉粥样硬化具有一定效果。多不饱和脂肪酸(PUFA)有 7 种,以亚油酸(LA)、 α -亚麻酸(ALA)和花生四烯酸(AA)的含量较为丰富,分别达到了 15.31%、2.51% 和 1.97%。

表 9 牛肝酱脂肪酸组成

Table 9 Fatty acid composition of bovine liver paste

化合物名称	化学式	相对百分含量/%
饱和脂肪酸		43.58
十三烷酸	$C_{15}H_{30}O_2$	1.37
14-甲基十五烷酸	$C_{17}H_{34}O_2$	1.37
十六酸	$C_{18}H_{36}O_2$	6.30
十七烷酸	$C_{19}H_{38}O_2$	3.43
十八酸	$C_{20}H_{40}O_2$	2.18
15-甲基十五烷	$C_{20}H_{40}O_2$	28.17
棕榈酸	$C_{19}H_{38}O_2$	0.77
单不饱和脂肪酸		17.99
9-十六碳烯酸	$C_{18}H_{34}O_2$	0.22
11-十六碳烯酸	$C_{17}H_{32}O_2$	0.47
油酸	$C_{20}H_{38}O_2$	17.30
多不饱和脂肪酸		38.43
亚油酸	$C_{20}H_{36}O_2$	15.31
亚麻酸	$C_{20}H_{34}O_2$	2.51
花生四烯酸	$C_{22}H_{36}O_2$	10.79
二十碳五烯酸	$C_{21}H_{32}O_2$	2.04
花生四烯酸	$C_{21}H_{34}O_2$	1.97
二十碳五烯酸	$C_{22}H_{34}O_2$	5.56
4,7,10-十六碳三烯酸	$C_{17}H_{28}O_2$	0.25

3 结论

根据单因素试验得,牛肝酱制作时的工艺条件为:料液比 6:1、清洗时间 2 h、品质改良剂选择鸡油。通过 Box-Behnken 响应面正交试验设计得到了牛肝酱配料的大豆蛋白、鸡油、卡拉胶最优配比(质量分数)分别为:3.3%、2.9%、0.2%。此条件下,验证实验得牛肝酱感官评分为 90.67 分,黏度为 17.67 Pa·s。通过验证实验所得实际值与模型预测值接近。所得牛肝酱是一种高蛋白低脂肪健康营养类食品;共检测出 44 种挥发性香气物质,其中以酸类物质含量最高;脂肪酸共有 17 种,其中饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸含量丰富。

参 考 文 献

[1] 王琳琳,余群力,曹晖,等.我国肉牛副产品加工利用

现状及技术研究[J].农业工程技术·农产品加工业,2015(17):36-41.

- [2] LIU Y, MUSTAPHA A. Detection of viable *Escherichia coli* O₁₅:H₇ in ground beef by propidiummonoazide real-time PCR[J]. International Journal of Food Microbiology, 2014, 170(170C):48.
- [3] ZILELIDOU E, MANTHOU E, SKANDAMIS P. Growth differences and competition between *Listeria monocytogenes* strains determine their predominance on ham slices and lead to bias during selective enrichment with the ISO protocol[J]. International Journal of Food Microbiology, 2016, 235:60.
- [4] FUKUI N, TAKATORI S, KITAGAWA Y, et al. Determination of irradiation histories of raw beef livers using liquid chromatography-tandem mass spectrometry of 5,6-dihydrothymidine[J]. Food Chemistry, 2017, 216:186.
- [5] ERCAN P, EL S N. Changes in content of coenzyme Q₁₀ in beef muscle, beef liver and beef heart with cooking and in vitro, digestion[J]. Journal of Food Composition & Analysis, 2011, 24(8):136-140.
- [6] LAH J F, DOBBS J, DUNN M A. Evaluation of clams as a food source of iron: Total iron, heme iron, aluminum, and in vitro, iron bioavailability in live and processed clams[J]. Journal of Food Composition & Analysis, 2012, 25(1):47-55.
- [7] NUNES A M, SOUSA R A D, SILVA C S D, et al. Fast determination of Fe, Mg, Mn, P and Zn in meat samples by inductively coupled plasma optical emission spectrometry after alkaline solubilization[J]. Journal of Food Composition & Analysis, 2013, 32(1):1-5.
- [8] 华浩明,伊藤崇志,邱志刚,等.牛磺酸对心血管系统作用及机理的研究进展[J].中国中药杂志,2005,30(9):653-658.
- [9] 李敏,那宇,高建军.左旋肉碱改善顺铂诱导肾损伤机制的相关研究[J].安徽医药,2015(1):10-13.
- [10] 孙娜,吴锐强,王华,等.牛肝营养成分及活性物质研究进展[J].甘肃高师学报,2017,22(6):42-45.
- [11] 孙娜,余群力,曹晖.超声波辅助高氯酸法提取牛肝中左旋肉碱工艺优化[J].农业工程学报,2012,28(21):280-286.
- [12] 孙娜.牛肝中牛磺酸提取纯化工艺研究[D].兰州:甘肃农业大学,2013.
- [13] ARINÇ E, CELIK H. Biochemical characteristics of purified beef liver NADPH-cytochrome P450 reductase[J]. Journal of Biochemical & Molecular Toxicology, 2002, 16(6):286-297.
- [14] AVIS T, MICHAUD M R. Role of lipid composition and

- lipid peroxidation in the sensitivity of fungal plant pathogens to aluminum chloride and sodium metabisulfite[J]. *Applied & Environmental Microbiology*, 2007, 73(9): 2 820 – 2 824.
- [15] 马腾臻, 李颖, 张莉, 等. 橄榄油酒的酿造及香气成分分析[J]. *食品科学*, 2014, 35(18):161 – 166.
- [16] 成坚, 刘晓艳. 氧化鸡油通过 Maillard 反应生成鸡肉风味物质的研究[J]. *食品与发酵工业*, 2005, 31(6): 40 – 42.
- [17] 曾瑞琪, 张明政, 张甫生, 等. 高酯果胶对酸化大豆蛋白凝胶流变及质构特性的影响[J]. *食品与发酵工业*, 2018, 44(1):113 – 120.
- [18] 杨玉玲, 姜攀, 贾继荣, 等. 鸡肉肌原纤维蛋白与卡拉胶混合凝胶质构特性的研究[J]. *食品与发酵工业*, 2008, 34(6):16 – 19.
- [19] 卢可, 娄永江, 周湘池. 响应面优化杨梅果醋发酵工艺参数研究[J]. *中国调味品*, 2011, 36(2):57 – 60.
- [20] MARAN J P, PRIVA B. Optimization of ultrasound-assisted extraction of natural pigments from a maranthus tricolor L leaves[J]. *Journal of Food Processing & Preservation*, 2015, 40(2).
- [21] CALKINS C R, HODGEN J M. A fresh look at meat flavor[J]. *Meat Science*, 2007, 77(1):63 – 80.
- [22] XU Q L, CUI T J, LIU J, et al. Processing technology and analysis of chemical components of frozen crab-meat and roasted ovary of eriocheir Sinensis[J]. *Fisheries Science*, 2003, 22(16):12 – 14.
- [23] 张兰, 高天丽, 刘永峰, 等. 八种中式烹饪工艺对牛肉中多环芳烃、反式脂肪酸和亚硝酸盐的影响[J]. *中国农业科学*, 2017, 50(6):1 126 – 1 138.

Study on processing technology of bovine liver paste

GUO Zong-lin¹, YU Qun-li^{1*}, HAN Ling¹, LIN Liang², ZHANG Wen-hua³,
ZHAO Suo-nan⁴

1(College of Food Science and Engineering, Gansu Agriculture University, Lanzhou 730070, China)

2(Gansu Qilian Pastoral Food Industry Co., Ltd., Zhangye 734000, China)

3((Zhongwei Xia Hua Qingzhen Meat Co., Ltd., Zhongwei 751700, China)

4(Haibei State Animal Husbandry and Veterinary Science Institute, Haibei 810200, China)

ABSTRACT In this experiment, bovine liver was used as raw material to make bovine liver paste, and the fuzzy comprehensive evaluation method was used to evaluate the quality of liver paste. The single factor experiment was performed on the cleaning time and the ratio of solid to liquid to determine the optimal conditions. The quality improver was selected. The response surface was utilized to study the effect of various factors and their interactions on the quality of cow liver oil. The results showed that when the ratio of material to liquid was 6:1, the quality improver was chicken oil, the content of soybean protein was 3.3%, the amount of chicken oil was 2.9% and the content of carrageenan was 0.2%, the sauce had the highest sensory score, appropriate viscosity, unique flavor, rich aroma, and uniform coating. The physicochemical indexes, volatile flavor substances and fatty acids of prepared liver sauce were also determined. The liver sauce has high protein content and low fat content. A total of 44 volatile flavor compounds, and 17 fatty acids were detected. Therefore, it is a nutritional health food.

Key words bovine liver; bovine liver paste; fuzzy comprehensive evaluation; flavor substances and fatty acids