



低豆腥大豆咀嚼片制作工艺最适配方研究

哈 惠¹,冀亚洲¹,尹彦洋²,张华江¹,赵 雪³,韩英鹏³,夏 宁^{1,3},徐 宁¹

(1. 东北农业大学 食品学院,黑龙江 哈尔滨 150030; 2. 黑龙江省质量监督检测研究院 食品检测中心,黑龙江 哈尔滨 150050; 3. 东北农业大学大豆生物学教育部重点实验室/农业部东北大豆生物学与遗传育种重点实验室,黑龙江 哈尔滨 150030;)

摘 要:为筛选用于制备低豆腥豆浆的原料大豆品种、探讨制备大豆咀嚼片的主要配方,给黑龙江地区大豆深加工提供新途径,以黑龙江地区种植的 4 种高蛋白大豆籽粒为材料,采用固相微萃取-气相色谱-质谱联用技术分析豆浆中主要豆腥味挥发性物质的含量,筛选豆腥味较低的大豆品种;采用响应面分析试验,以咀嚼片的硬度和感官评分等为评定指标,确定制作大豆休闲咀嚼片的最优配方。结果显示:筛选出东农 56 为低豆腥豆浆原料,可采用生浆法制备豆浆,经喷粉处理获得大豆粉后压片处理制作咀嚼片。咀嚼片制作配方为:大豆粉添加量 83. 523%、木糖醇添加量 7. 625%、麦芽糊精添加量 8. 852%,该工艺获得的产品咀嚼性好、感官评分最高。

关键词:豆奶片;咀嚼片;低豆腥;SPME-GC-MS;东农 56;响应面分析

Study on Suitable Technological Formula of Soybean Snack Chewable Tablets with Low Bean Odor

HA Hui¹, JI Ya-zhou¹, YIN Yan-yang², ZHANG Hua-jiang¹, ZHAO Xue³, HAN Ying-peng³, XIA Ning^{1,3}, XU Ning¹

(1. Food College, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China; 2. Food Testing Center, Academy of Quality Supervision and Inspection in Heilongjiang Province, Harbin 150050, China; 3. Key Laboratory of Soybean Biology in Chinese Ministry of Education/Key Laboratory of Northeast Soybean Biology and Breeding/Genetics of Chinese Agriculture Ministry, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract: In order to select soybean materials for the preparation of low bean odor soymilk chewable tablets and probe into the preparation technology, to promote the research and development of soybean deeply processing products in Heilongjiang Province, this study selected the seeds from four high protein soybean varieties planted widely in Heilongjiang Province as materials to prepare soymilk. We used PME-GC-MS (solid phase microextraction gas chromatography mass spectrometry) to analyze the content of main volatile substances in soymilk and screene the soybean varieties with low off-flavor, and determined the optimal formula for processing soybean chewable tablets. The results showed that the soybean variety Dongnong 56 was the most suitable to be used as raw material of milk with low bean odor. We prepared soymilk by raw milk method, and obtained soybean powder by spraying method. And the optimal processing of chewable tablets was 83. 523% soybean powder, 7. 625% xylitol and 8. 852% maltodextrin were added, and the soybean chewable tablets were obtained by pressing. The product obtained by this formula has good chewiness and the highest sensory score.

Keywords: Soymilk tablets; Chewable tablets; Low bean odor; SPME-GC-MS; Dongnong 56; Response surface analysis

大豆作为中国重要的农作物之一,籽粒中含有丰富蛋白质、大量的不饱和脂肪酸,蕴含多种微量元素、维生素,氨基酸配比接近人体必需氨基酸的组成,对维持人体健康、防止疾病等均有重要作用。随着大豆制品功能成分的明确、消费者饮食观念的变化和消费能力的增强,国内外对大豆产品的需求

量不断增长^[1]。大豆加工是以大豆为原料,采用物理、化学、微生物法进行加工生产,使大豆适合食用或成为其它食品原料的过程,包括生产油脂和压榨精制豆油、发酵制造酱油等调味品^[2],生产加工豆腐、豆奶等蛋白食品及其它豆制品等。随着科学技术的发展,大豆制品的加工工艺和食用方式出现了

收稿日期:2020-02-10

基金项目:国家自然科学基金青年基金(32001570);黑龙江省博士后面资助项目(LBH-Z19118);东北农业大学 2020 年“学术骨干”项目(脂肪氧合酶活性对豆浆综合气味体系的影响及其遗传学解析);辽宁省肉类加工与质量安全控制工程技术研究中心开放课题(2018001);东北农业大学 2021 年开放实验项目(低豆腥大豆休闲咀嚼片工艺配方的研究);东北农业大学 2020 年大学生 SIPT 计划项目。

第一作者:哈惠(1998—),女,在读学士,专业为食品科学。E-mail:1062209795@qq. com。

通讯作者:夏宁(1981—),女,博士,副研究员,主要从事大豆蛋白与农产品加工研究。E-mail:xianing1981@126. com。

新进展和新突破,出现了多种新兴豆制品,如大豆蛋白、素肉、休闲大豆食品和可冲调大豆粉等^[3]。

咀嚼片是指在口中咀嚼的片剂,将原料和适当的辅料均匀混合后,根据需要压制而成的各种形状的异形片^[4]。咀嚼片在现代食品和药物制剂的研究中应用最为广泛,其特点是加工用时短、低能耗、成本低、工艺简便,嚼碎后表面积增大,可促进产品在体内的溶解和吸收。已开发加工的咀嚼片产品包括玛咖秋葵咀嚼片^[5]、猕猴桃咀嚼片^[6]、糖胺聚糖咀嚼片^[7]等。黑龙江省作为中国大豆的主要种植地区,适合加工高蛋白豆制品的大豆品种较多,加工得到的产品类型也非常多样,但对大豆休闲类制品尤其是咀嚼片类休闲食品的研究较少^[8],目前,将大豆或其提取物直接加工得到的咀嚼片产品包括大豆蛋白氨糖片^[9]、大豆膳食纤维咀嚼片^[10]、大豆肽含片^[11]等,鲜有以豆浆为原料制作大豆咀嚼片的相关报道。

大豆制品特有的豆腥味限制了产品的应用市场,通过物理、化学等手段去除豆腥味存在破坏营养成分、生产成本较高、环境污染等弊端。本研究以团队前期研究方法和结果为基础,通过筛选得到制备低豆腥豆浆所用的原料大豆,经喷粉处理获得大豆粉。参考咀嚼片加工中常用的原材质粉末制粒、辅料配比确定、力学特性指标分析等方法,针对大豆粉的特性,提升咀嚼片的功效并评定指标,采用麦芽糊精为粘合剂调节产品的硬度,以功能性甜味剂木糖醇调节产品的甜度,通过响应面分析试验,以咀嚼片的硬度和感官评分等为评定指标,确定制作休闲大豆咀嚼片的最优配方,制备一种口感美味且易于携带和保存的休闲食品,旨在满足现代消费人群对健康食品的需求,为大豆咀嚼片加工业的广泛应用提供依据,以促进黑龙江地区大豆深加工产品的研发,为大豆食品深加工和资源转化提供新途径。

1 材料与方法

1.1 材料

- 1.1.1 原料 大豆品种东农 52、东农 42、东农 48、东农 56,由东北农业大学大豆研究所提供。
- 1.1.2 主要试剂 甲醇:美国 DIKMA 公司;2 - 甲基 - 3 庚酮:美国 Sigma 公司;高纯氮气 99.999%、高纯氦气 99.999%:哈尔滨卿华工业气体有限公司;麦芽糊精:河南万邦实业有限公司;木糖醇:南京甘汁园糖业有限公司,均为食品级。
- 1.1.3 仪器设备 CH-8606 电子分析天平:瑞士 Mettler Instrumente AG 公司;固相微萃取搅拌加热装置及萃取头:美国 Supelco 公司;6890/5975B 气相色谱 - 质谱联用仪:美国 Agilent 公司;TR-WaxMS 色谱柱(30 m × 0.25 mm × 0.25 μm):美国 Thermo Fisher Scientific 公司;DM-Z100A 自分渣磨浆机:沧州昌鸿磨浆机械有限公司;TA-XT Puls 质构仪:英国 Stable Micro System 公司;FW-100 高速万能粉碎机:北京市永光明医疗仪器厂;HH-4S 数显恒温水浴锅:大龙兴创实验仪器有限公司;恒温干燥箱:中国成都科析仪器成套公司制造;CH-8606 电子分析天平:瑞士 Mettler Instrumente AG 公司;CT-10 压片机:旭朗机械有限公司;JBZ-14 磁力搅拌器:金坛市大地实验仪器厂;BS-1E 恒温振荡器:金坛市富华仪器有限公司。

1.2 方法

1.2.1 主要工艺流程 大豆咀嚼片制备的工艺流程如图 1 所示,采用生浆法制备豆浆,准确称取一定质量的大豆籽粒,清洗后,再经蒸馏水洗 2 次,按料水比 1:3(W/V,W 为大豆干重)室温浸泡 12 h,除去多余水分,以 1:7 的比例磨浆,过滤取浆,加热至煮沸并保持 5 min,获得豆浆通过喷雾干燥,得到加工咀嚼片的原料——豆粉。豆粉经过筛、软材、造粒、干燥、过筛、压片和杀菌等环节,得到大豆咀嚼片。

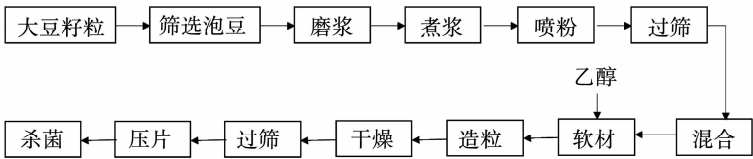


图 1 大豆咀嚼片制备工艺流程

Fig. 1 Preparation process of soybean chewable tablets

1.2.2 豆浆中挥发性物质的提取和分析 采用夏宁等^[12]的方法提取豆浆中的挥发性物质,DVB/CAR/PDMS-50/30 μm 萃取头,5 mL 豆浆样品中添加 0.5 g NaCl,萃取温度 40 ℃,萃取时间 30 min,在 GC 进样口解析 9 min。

采用固相微萃取-气相色谱-质谱联用(SPME-GC-MS)分析技术对可溶性物质进行分析。内标液的配制取 2-甲基-3-庚酮标准品 1 μL 加入 5 mL 甲醇(色谱级)中,得到 2-甲基-3-庚酮内标溶液,4 ℃冰箱中保存。使用 TR-Wax MS 色谱柱(30 m × 0.25 mm,0.25 μm);进样口温度 250 ℃;柱温箱升温程序:40 ℃保持 8 min,4 ℃·min⁻¹升温至 150 ℃,20 ℃·min⁻¹升温至 250 ℃,保持 5 min;不分流进样;载气:99.999% 高纯度氦气;流速:1 mL·min⁻¹。质谱条件为:离子源 EI 源;电子能量 70 eV;接口温度 250 ℃;离子源温度 230 ℃;四级杆温度 150 ℃,进样口温度 250 ℃;质量扫描范围 m/z 30~500,采集方式 Scan。每种条件测定重复 3 次。

豆浆中测得的挥发性化合物由计算机检索,通过质谱数据库 NIST 2011 谱库检索,选择匹配度大于 80% 的鉴定结果,进行挥发物质的定性分析。采用峰面积归一化法计算各挥发性成分的相对百分含量^[9]进行挥发物质的定量分析。

1.2.3 大豆咀嚼片配方优化 单因素试验:根据咀

嚼片硬度和感官评价结果,分析木糖醇、大豆粉和麦芽糊精的最优添加量和比例。具体参数详见表 1。

响应面试验:以单因素试验结果为基础,选取各主要成分含量范围,设置各成分不同配比,运用响应面分析方法设计 16 组试验,根据硬度与感官评价结果进一步筛选最佳配比,得到最优口感和品质的大豆咀嚼片。

表 1 咀嚼片配方单因素试验参数

Table 1 Single factor experimental parameters of chewable tablets formula (%)

水平 Level	因素 Factor		
	A	B	C
	大豆粉 Soymeal	木糖醇 Xylitol	麦芽糊精 Maltodextrin
-1	80.0	5.0	5.0
0	82.5	7.5	7.5
1	85.0	10.0	10.0

1.2.4 感官评价标准 对大豆咀嚼片的色泽、滋味、口感、组织状态 4 方面进行感官评价,依据感官评分检测方法^[13-14],每组邀请 5 人,共 3 组,组成评定小组进行评分,考察 4 个因素对大豆咀嚼片的感官品质的影响,满分为 100 分,结果取平均值,具体评价标准详见表 2。

表 2 咀嚼片的感官评价标准

Table 2 Sensory evaluation standard of chewing tablets

项目 Item	分数 Score	评分标准 Standard for evaluation	评分 Scoring
色泽 Color	25	乳黄色均匀	20~25
		乳黄色较均匀	10~19
		乳黄色不均匀	0~9
滋味 Flavor	25	酸甜比例适当	20~25
		酸甜比例基本适当	10~19
		过酸或过甜	0~9
口感 Taste	25	口感细腻,无沙砾感,咀嚼性良好	20~25
		无砂粒感,稍有粗糙,咀嚼性中等	10~19
		粗糙,有很重的砂粒感,咀嚼性差	0~9
组织状态 Organizational status	25	形态完好,表面光滑,断面组织细腻紧密	20~25
		形态完好,但表面不够光滑,断面组织基本紧密	10~19
		断面松软,形态不够完整,破裂现象严重,两面均粗糙	0~9

1.2.5 硬度测定 将大豆咀嚼片于恒温干燥箱内干燥,室温下冷却,即为成品。采用 TA-XT Puls 质构仪分析咀嚼片质构特性(P/36R 探头)。测定条

件:触发力 30 g,触发模式为自动力,测前速率 2.0 mm·s⁻¹,测试速率 0.03 mm·s⁻¹,测后速率 10.0 mm·s⁻¹。3 次重复,取平均值。

1.3 数据分析

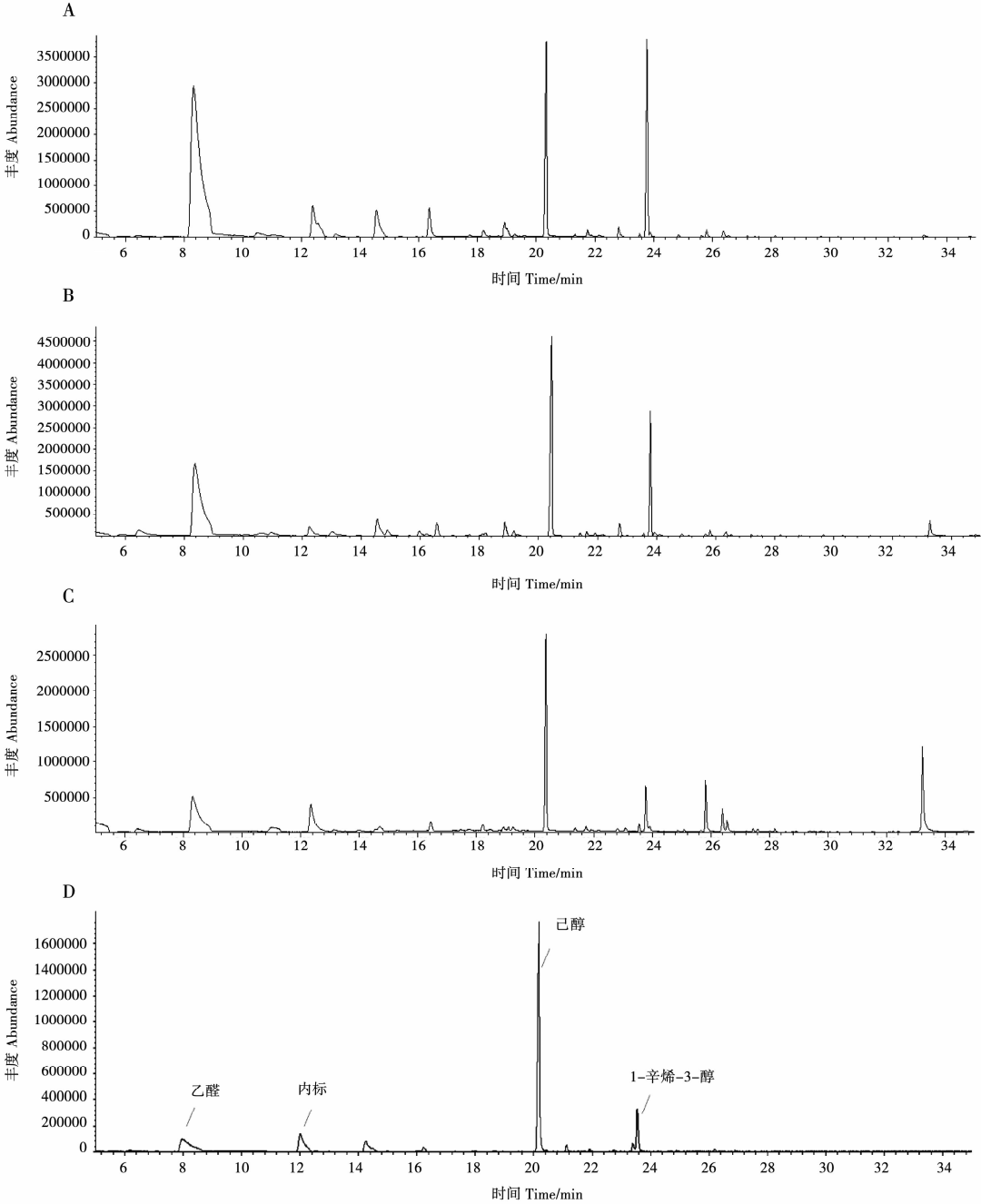
在 NIST 2011 质谱数据库中检索定性挥发物;采用 Design-Expert 8.0.6 软件进行响应面分析^[15]。

2 结果与分析

2.1 原料大豆品种的筛选

四个大豆品种的豆浆样品中共检出挥发性物

质 78 种,其中 17 种醛类、17 种醇类、10 种烷烃、8 种烯烃、6 种酮类、3 种酯类和 1 种呋喃(图 2 和表 3)。以东农 56 为原料制备的豆浆中己醛、己醇、1-辛烯-3-醇 3 种主要呈豆腥味挥发性物质的含量最低,因此本研究采用东农 56 大豆为原料制备豆浆,经喷粉处理后加工大豆咀嚼片。



A ~ D: 东农 52、东农 42、东农 48 和东农 56。
A-D: Dongnong 52, Dongnong 42, Dongnong 48 and Dongnong 56.

图 2 豆浆样品中挥发性物质检出总离子流色谱图
Fig. 2 Total ion flow spectrogram for detection of volatile compounds in soymilk samples

表 3 检出挥发性物质及参考保留时间

Table 3 Volatile substances and reference retention time

序号 No.	挥发性物质 Volatile substance	参考保留时间 Reference retention time/min	序号 No.	挥发性物质 Volatile substance	参考保留时间 Reference retention time/min
1	三氯甲烷	5.52	40	2-辛烯醛	22.53
2	1,3,5-环庚三烯	6.15	41	2-月桂烯醛	22.76
3	甲苯	6.41	42	2-己烯醇	22.21
4	己醛	8.32	43	1,1-二甲基-环丙烷	22.57
5	乙苯	10.14	44	1,3-二氯苯	22.67
6	对二甲苯	10.39	45	十四烷	22.91
7	邻二甲苯	10.40	46	1-庚醇	23.89
8	2-乙基丙烯醛	10.52	47	1-辛烯-3-醇	23.78
9	2-戊烯醛	10.57	48	乙酸	23.93
10	间二甲苯	10.85	49	2,4-庚二烯醛	24.85
11	2-甲基-3-庚酮(内标)	12.32	50	乙基环己烯	24.87
12	1-戊烯-3-醇	12.84	51	2-乙基己醇	25.11
13	右旋柠檬烯	13.62	52	苯甲醛	25.63
14	庚醛	13.17	53	反式2-壬烯醛	26.39
15	2-乙烯基-3-乙烯基硅烷	14.23	54	环辛烷	27.22
16	3-庚烯醛	14.24	55	环庚烷	27.49
17	柠檬烯	14.30	56	正辛醇	27.18
18	2-己烯醛	14.56	57	1-甲基-2-亚甲基,环戊烷	27.19
19	2-乙基环丁酮	14.62	58	戊基环丙烷	27.20
20	2-戊基呋喃	15.31	59	溴乙酸,癸酯	27.23
21	1,3,5,7-环辛四烯	15.84	60	5,6,7,8-氢中氮茛	27.96
22	苯并环丁烯	15.98	61	4-羟基丁酸	28.71
23	苯乙烯	16.19	62	丁内酯	28.76
24	3-甲基-1-丁醇	16.32	63	2-辛烯-1-醇	28.87
25	3-辛酮	16.78	64	1,4-辛二烯	28.88
26	正戊醇	16.59	65	十六烷	29.52
27	乙偶姻/3-羟基丁酮	17.54	66	反式2-癸醛	29.68
28	辛醛	17.67	67	2-呋喃甲醇	29.73
29	2-庚烯醛	18.85	68	1-壬醇	30.29
30	2-戊烯醇	19.09	69	萘	31.71
31	2,3-辛二酮	19.44	70	甘菊环/环戊并环庚烯	31.74
32	6-甲基-5-庚烯-2-酮	19.61	71	甲氧基苯酚	33.21
33	甲酸戊酯	20.10	72	2,4-癸二烯醛	34.34
34	己醇	20.46	73	反,反-2,4-壬二烯醛	33.23
35	3-己烯-1-醇/叶醇	21.42	74	4-氧代壬-1-醛	34.83
36	壬醛	21.61	75	己酸	35.45
37	3-己炔	21.93	76	苜醇	35.88
38	3-辛醇	21.94	77	苯乙醇	36.49
39	3-乙基-2-甲基-1,3-己二烯	22.18	78	苯酚	37.84

2.2 单因素分析优化大豆咀嚼片配方

2.2.1 大豆粉添加量 由图 3 可知,大豆粉的添加量对大豆咀嚼片的影响较大,大豆粉的添加量为 77.5%~82.5% 时,咀嚼片的感官评分逐渐上升;大豆粉的添加量增加至 82.5%~87.5%,咀嚼片的感官评分明显下降,而硬度值一直表现为随着大豆粉的添加量增大而减小。当大豆粉的添加量为 82.5% 时,咀嚼片感官评分最高,且硬度适中。大豆粉添加量较少时,几乎感受不到大豆的豆香味道,颜色也相对较深;反之大豆粉添加量过高时硬度较小,影响产品口感。综上,选定大豆粉的添加量为 82.5%。

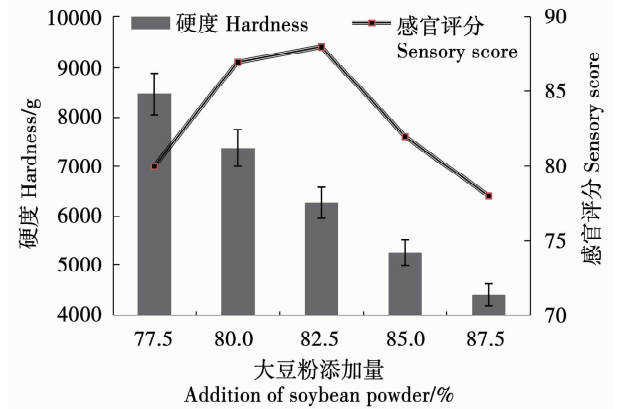


图 3 大豆粉的添加量对大豆咀嚼片的影响
Fig. 3 The effect of soybean powder content on soybean chewing tablets

2.2.2 木糖醇添加量 由图 4 可知,木糖醇的添加量对大豆咀嚼片的影响较大,当木糖醇的添加量为 1.0%~7.5% 时,感官评分逐渐上升,而当添加量高于 7.5%,感官评分降低;当木糖醇添加量为 2.5% 时,咀嚼片的硬度最小,当木糖醇添加量为 7.5% 时咀嚼片口感细腻、甜味适中,有淡淡的豆香气息,产品颜色呈乳黄色。木糖醇添加量过少时,咀嚼片味道较淡,反之木糖醇添加量过高时,产品略甜腻,影响口感。综上,木糖醇的最适添加量为 7.5%。

2.2.3 麦芽糊精添加量 由图 5 可知,麦芽糊精的添加量对感官评分影响较大,当麦芽糊精的添加量为 5.0%~7.5% 时,咀嚼片的感官评分增加,而添加量为 7.5%~10.0% 时,感官评分下降,咀嚼片的硬度随麦芽糊精的添加量的增加而增大。当麦芽糊精添加量较少时,咀嚼片内部组织结构不规整、粗糙发干。当麦芽糊精的添加量为 15% 时硬度最大,但麦芽糊精添加过多会导致粘牙现象的发生,且产品颜色略淡。综上,确定麦芽糊精的添加量为 7.5%。

2.3 响应面分析优化大豆咀嚼片配方

2.3.1 感官评分分析 根据响应面分析的 16 组试

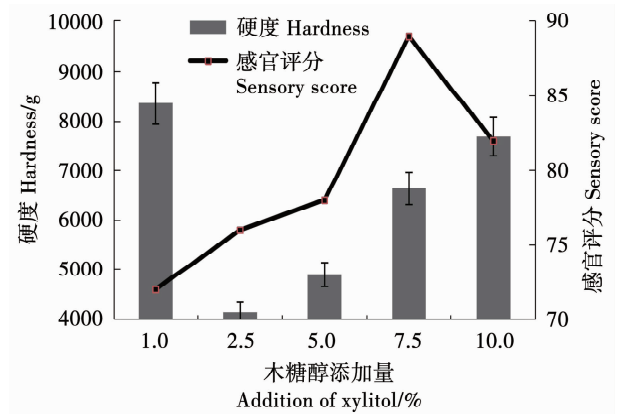


图 4 木糖醇的添加量对大豆咀嚼片的影响
Fig. 4 The effect of xylitol content on soybean chewing tablets

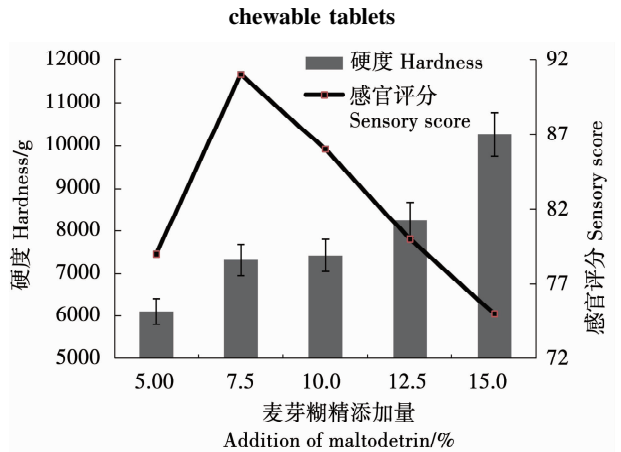


图 5 麦芽糊精的添加量对大豆咀嚼片的影响
Fig. 5 Effect of maltodextrin content on soybean chewing tablets

验结果(表 4),利用回归分析方法对各因素回归拟合后,得到以感官评分(Y)为响应值的三元二次回归方程: $Y = 82.05A + 83.79B + 78.15C - 14.36AB + 18.09AC + 21.60BC + 279.16AB$ 。对感官评定的回归模型进行方差及显著性分析的结果如表 5 所示,该模型回归方程有显著性($P < 0.01$),失拟项不显著($P = 0.1543 > 0.05$)。由此可见,在本试验条件下,此回归模型所考察的因素足以反映试验中各成分对大豆咀嚼片感官评分的影响,判定系数 $R^2 = 0.8863$, $R^2_{adj} = 0.8105$,说明回归模型与试验值拟合较好,可将其用于大豆咀嚼片感官评分的理论推测和分析。由 F 检验可知,在交互项中大豆、木糖醇与麦芽糊精添加量三者之间的交互作用对咀嚼片的感官评分具有极显著影响($P < 0.01$),大豆粉与麦芽糊精二者添加量间的交互作用和麦芽糊精与木糖醇二者添加量间的交互作用均对咀嚼片的感官评分有显著影响($P < 0.05$),大豆粉与木糖醇的交互作用对感官评分影响不显著($P > 0.05$)。该结果与响应曲面图反映出的各因素间的交互作用相吻合(图 6)。

表 4 响应面试验设计及结果

Table 4 Response surface test design and results

编号	大豆粉	麦芽糊精	木糖醇	感官评分	硬度
No.	Soybean powder/%	Maltodextrin/%	Xylitol/%	Sensory score	Hardness/g
1	82.5	10.0	7.5	82.5	8445.7
2	85.0	5.0	10.0	85.5	6051.9
3	80.0	10.0	10.0	82.5	7196.3
4	84.2	6.7	9.2	92.0	4933.7
5	85.0	8.3	6.7	84.5	7147.2
6	80.0	10.0	10.0	82.0	7124.0
7	85.0	5.0	10.0	82.0	5079.4
8	85.0	7.5	7.5	86.0	6216.8
9	82.5	7.5	10.0	80.0	5395.2
10	85.0	10.0	5.0	77.0	6216.8
11	85.0	10.0	5.0	79.0	6872.7
12	83.3	10.0	6.7	86.0	8899.6
13	85.0	5.0	10.0	83.0	3881.7
14	82.5	7.5	10.0	78.0	5811.7
15	83.3	8.3	8.3	93.0	7309.0
16	81.7	10.0	8.3	85.0	8395.2

表 5 感官评定回归模型方差分析

Table 5 Variance on regression model of sensory evaluation analysis

方差来源	平方和	自由度	均方	<i>F</i>	<i>P</i>	显著性
Source	Sum of squares	<i>df</i>	Mean square			Significant
模型 Model	260.34	6	43.39	11.69	0.0008	**
混合线性 Mixed linear	12.21	2	6.10	1.64	0.2462	
AB	18.40	1	18.40	4.96	0.0530	
AC	30.31	1	30.31	8.17	0.0189	*
BC	36.61	1	36.61	9.86	0.0119	*
ABC	90.26	1	90.26	24.32	0.0008	**
残差 Residual	33.41	9	3.71			
失拟 Lack of fit	22.78	4	5.70	2.68	0.1543	
纯差 Pure error	10.63	5	2.13			
总误差 Total error	293.75	15				
	<i>R</i> ²	0.8863	<i>R</i> _{adj} ²	0.8105		

* 表示 $P\leq0.05$ 水平差异显著; ** 表示 $P\leq0.01$ 水平差异极显著。下同。

* means difference is significant at $P\leq0.05$ level; ** means difference is extremely significant at $P\leq0.01$ level. The same below.

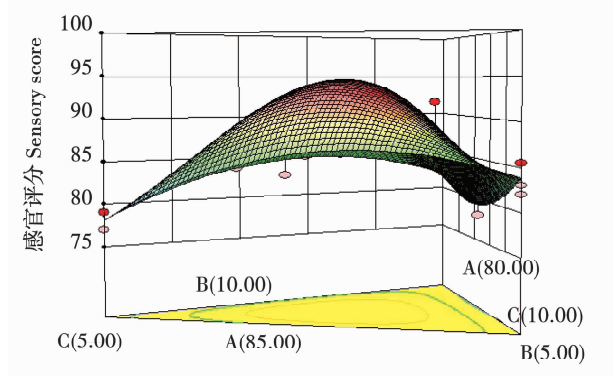


图 6 感官评定的响应曲面图

Fig. 6 Response surface of sensory evaluation

2.3.2 硬度评定 利用回归分析方法对各因素回归拟合后,得到以硬度(Y')为响应值的三元二次回归方程: 硬度(Y') = 7 147.42A + 4 912.24B + 6 698.19C - 2 250.70AB + 7 136.58AC + 2 384.82BC。对咀嚼片硬度回归模型进行方差及显著性分析的结果如表 6 所示,该模型回归方程有显著性($P < 0.01$),失拟项不显著($P = 0.720 8 > 0.05$),说明在本试验条件下,该回归模型所考察的因素足以反映各成分对咀嚼片的硬度的影响。判定系数 $R^2 = 0.852 8$, $R_{adj}^2 = 0.779 2$,说明回归模型与试验值拟合均较好,可用于咀嚼片的硬度的理论推测和分析。由 F 检验可知,大豆粉与麦芽糊精对咀嚼片的

硬度评分影响极显著($P < 0.01$);在交互作用中,其它因素之间的交互作用影响不显著($P > 0.05$),这与硬度评定的响应曲面图中各因素交互作用响应面图反映出的各因素间的交互作用相吻合(图 7)。

表 6 硬度评定回归模型方差分析

Table 6 Variance analysis on regression model of hardness evaluation						
方差来源	平方和	自由度	均方	F	P	显著性
Source	Sum of squares	df	Mean square			Significant
模型 Model	2.434E+007	5	4.869E+006	11.59	0.0007	**
混合线性 Mixed linear	1.810E+007	2	9.058E+006	21.56	0.0002	**
AB	5.040E+005	1	5.040E+005	1.20	0.2991	
AC	5.122E+006	1	5.122E+006	12.19	0.0058	**
BC	5.113E+005	1	5.113E+005	1.22	0.2958	
残差 Residual	4.202E+006	10	4.202E+005			
失拟 Lack of fit	1.534E+006	5	3.068E+005	0.57	0.7208	
纯差 Pure error	2.668E+006	5	5.336E+005			
总误差 Total error	2.854E+007	15				
	R^2	0.8528	R^2_{adj}	0.7792		

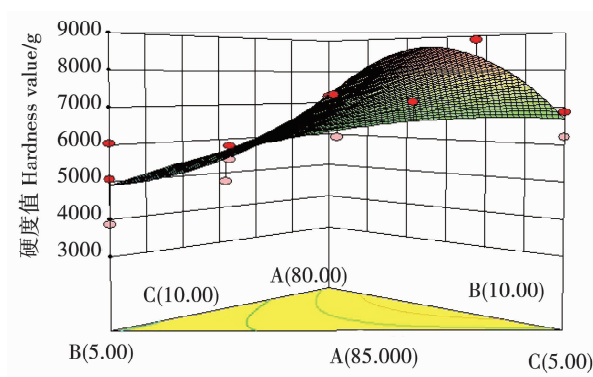


图 7 硬度评定的响应曲面图

Fig. 7 Response surface of hardness evaluation

2.3.3 验证试验 由上述结果得到,大豆咀嚼片最佳配方为:大豆粉(由东农 56 大豆喷粉制备)添加量 83.523%、木糖醇添加量 7.625%、麦芽糊精添加量 8.852%,预测的感官评分为 93.509。一次配方制备的大豆咀嚼片产品,颜色呈乳黄色,甜味适中,有淡淡的豆香气息,几乎无豆腥味,组织结构规整,口感均匀细腻不粘牙。

进一步验证试验,得出的感官评分为 93 分。该值与预测值比较接近,表明该配方可作为大豆咀嚼片制备的最佳工艺参数。

3 讨论

本研究采用 SPME-GC-MS 分析方法,在以不同大豆品种为原料制备的豆浆样品中共检出 78 种挥发性物质,其中 17 种醛类、17 种醇类、10 种烷烃、8 种烯烃、6 种酮类、3 种酯类和 1 种呋喃。得到的挥发性物质种类和数量与 Poliselì-Scopel 等^[16-17]、Liu 等^[18]的研究结果相近,其中,以东农 56 为原料制备的豆浆中,己醛、己醇和 1-辛烯-3-醇 3 种

主要豆腥味挥发性物质的含量最低,研究首次从原料选取角度筛选出东农 56 大豆品种作为大豆咀嚼片制作的原料,得以降低大豆产品自身豆腥味、改良产品风味,使大豆咀嚼片能够面向更广的消费人群。

本研究首先采用单因素试验结合感官评价结果,分别确定大豆粉的添加量为 82.5%、木糖醇的添加量为 7.5%、麦芽糊精的添加量为 7.5%。通过响应面分析,以咀嚼片的硬度和感官评分为评定指标,分别得到以感官评分(Y)和硬度(Y')为响应值的三元二次回归方程。近年来,较多研究将回归模型与试验值拟合,并用于食品和药品感官评分的预测中。徐桂红等^[19]曾将该方法应用于复方玛咖咀嚼片的研究中,并得到响应面模型预测值;曹淼等^[20]在酸角海绵蛋糕制作工艺的优化中,采用该方法得到了可靠的数据模型,并认为该模型可用于酸角海绵蛋糕的最优工艺参数预测中。而本研究采用该手段建立了大豆粉、木糖醇和麦芽糖的添加量对产品感官评定指标和硬度评定指标的二次回归方程数学模型,验证试验表明该模型可用于大豆粉咀嚼片的加工工艺最优参数的优化和预测中。

综上,本研究对咀嚼片的配方和加工方法进行探索和优化,从原料的选取方面,筛选低豆腥原材料,改良产品风味;调整并优化咀嚼片的加工工艺和配方,并建立了可预测大豆粉咀嚼片加工工艺参数的二次回归方程数学模型。本研究所获得的低豆腥味咀嚼片食用方便、便于携带、营养丰富,不但可满足大众消费者补充膳食营养的需求,而且丰富了大豆休闲产品的种类,有助于推进黑龙江地区大豆食品的加工与利用。

4 结 论

本研究筛选出低豆腥味大豆东农 56 作为材料制备豆浆,而后通过喷雾干燥获得大豆粉。大豆粉添加量 83.523%、木糖醇添加量 7.625%、麦芽糊精添加量 8.852%,压片处理得到大豆咀嚼片。研究建立了大豆粉、木糖醇和麦芽糖的添加量对产品感官评定指标和硬度评定指标的三元二次回归方程数学模型;且该模型可用于大豆粉咀嚼片的加工工艺最优参数的优化和预测中,采用该工艺获得的大豆咀嚼片豆腥味低、咀嚼性好、感官评分最高。产品营养价值高,食用简单且便于携带,满足大众消费者的口味需求,补充膳食营养需求的同时,丰富了大豆加工休闲产品的种类,应用前景广阔。

参考文献

[1] Choi M, Rhee K C. Production and processing of soybeans and nutrition and safety of isoflavone and other soy products for human health[J]. Journal of Medicinal Food, 2006, 9(1): 1-10.

[2] Zhang D, He Y, Cao Y, et al. Flavor improvement of fermented soy sauce by extrusion as soybean meal pretreatment[J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2017, 41(5): e13172. 1-e13172.8.

[3] Havlik J, Plachy V, Fernandez J, et al. Dietary purines in vegetarian meat analogues[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2010, 90(14): 2352-2357.

[4] 周剑忠, 李莹, 单成俊, 等. 混料设计在葛根全粉咀嚼片配方研究中的应用[J]. 食品科学, 2008, 29(7):188-191. (Zhou J Z, Li Y, Shan C J, et al. Application of mixture design in study of formulation of *puerarin lobata* chewing tablet [J]. Food Science, 2008, 29 (7): 188-191.)

[5] 赖谱富, 李怡彬, 陈君琛, 等. 玛咖秋葵咀嚼片直接压片工艺的优化[J]. 热带作物学报, 2019(7):1346-1353. (Lai P F, Li Y B, Chen J C, et al. Optimization of direct tableting technology for Maca-okra chewable tablet [J]. China Journal of Tropical Crops, 2019(7): 1346-1353.)

[6] 许牡丹, 曹晴, 毛跟年, 等. 猕猴桃营养咀嚼片制备工艺优化与质量评价[J]. 食品与机械, 2016(32):188-191. (Xu M D, Cao Q, Mao G N, et al. Optimization of preparation technology and quality evaluation nutrition of kiwifruit [J]. Food and Machinery, 2016 (32): 188-191.)

[7] 张磊, 王锦旭, 杨贤庆, 等. 响应面法优化合浦珠母贝糖胺聚糖咀嚼片的制备工艺[J]. 食品工业科技, 2018(17):159-166. (Zhang L, Wang J X, Yang X Q, et al. Optimization of preparation technology of glycosaminoglycans chewable tablets from *pinctada martensii* by response surface methodology [J]. Science and Technology of Food Industry, 2018 (17): 159-166.)

[8] 程遥. 供给侧改革与黑龙江大豆产业发展研究[J]. 大豆科学, 2018, 37(1):126-130. (Cheng Y. Supply-side reform and Heilongjiang soybean industry development research [J]. Soybean Science, 2018, 37 (1): 126-130.)

[9] 邱洁, 何丽, 李帅, 等. 可溶性大豆蛋白的制备及大豆蛋白葡萄糖片工艺研究[J]. 粮食与饲料工业, 2016(6):46-50. (Qiu J, He L, Li S, et al. Preparation of soluble soy protein and soy protein glucosamine tablets [J]. Cereal and Food Industry, 2016 (6): 46-50.)

[10] 蒋志勤. 大豆膳食纤维咀嚼片的研制[J]. 食品研究与开发, 2014(13):59-61. (Jiang Z Q. Study on soybean dietary fiber chewing tablets [J]. Food Research and Development, 2014 (13): 59-61.)

[11] 樊秀花, 张爱琳, 何新益. 大豆肽口含片的制备工艺研究[J]. 农产品加工(创新版), 2009(12):32-34. (Fan X H, Zhang A L, He X Y. Research on the technology of soybean peptides tablet [J]. Agricultural Products Processing (Innovative Edition), 2009 (12): 32-34.)

[12] 夏宁, 石彦国, 王晓琪, 等. 豆浆中挥发性成分顶空固相微萃取条件的优化[J]. 食品工业科技, 2018, 39(1):262-266. (Xia N, Shi Y G, Wang X Q, et al. Optimization of headspace solid phase microextraction conditions for GC – MS analysis of volatile components in soymilk [J]. Science and Technology of Food Industry, 2018, 39 (1): 262-266.)

[13] Davaatseren M, Hur H J, Yang H J, et al. *Taraxacum officinal* (Dandelion) leaf extract alleviates high-fat diet-induced nonalcoholic fatty liver[J]. Food and Chemical Toxicology, 2013, 58: 30-36.

[14] 王伟华, 向延菊, 宋勇, 等. 红枣奶片的研制[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(14):71-74. (Wang W H, Xiang Y J, Song Y, et al. Preparation of jujube milk tablets [J]. Food Research and Development, 2016, 37 (14): 71-74.)

[15] 牡丹清, 柏红梅, 余文华, 等. 响应面分析法优化猕猴桃咀嚼片[J]. 食品与发酵科技, 2018,54(2):25-29. (Du D Q, Bai H M, Yu W H, et al. Formulation optimization of Kiwi-fruit chewable tablets by response surface analysis [J]. Food and Fermentation Sciences & Technology, 2018,54 (2): 25-29.)

[16] Poliselí-Scopel F H, Gallardo-Chacón J, Juan B, et al. Characterisation of volatile profile in soymilk treated by ultra high pressure homogenisation [J]. Food Chemistry, 2013, 141(3): 2541-2548.

[17] Poliselí-Scopel F H, Hernández-Herrero M, Guamis B, et al. Sterilization and aseptic packaging of soymilk treated by ultra high pressure homogenization[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2014, 22: 81-88.

[18] Liu J R, Chen M J, Lin C W. Characterization of polysaccharide and volatile compounds produced by kefir grains grown in soymilk [J]. Journal of Food Science, 2002, 67(1): 104-108.

[19] 徐桂红, 曹苗苗, 高如意, 等. 复方玛咖咀嚼片的研制[J]. 食品工业, 2019(6):141-144. (Xu G H, Cao M M, Gao R Y, et al. Development of compound Maca chewing tablets [J]. Food Industry, 2019 (6): 141-144.)

[20] 曹森, 化志秀, 童斌, 等. 响应面法优化酸角海绵蛋糕的制作工艺[J]. 食品研究与开发, 2019(12):164-169. (Cao M, Hua Z X, Tong B, et al. Optimization of preparation technology of tamarind sponge cake by response surface methodology [J]. Food Research and Development, 2019 (12): 164-169.)