

海棠果再制奶酪配方及加工工艺优化

徐海祥,陈籽达,刘灵灵

(江苏农牧科技职业学院,江苏泰州 225300)

摘要:以新鲜海棠果及新鲜奶酪为主要原料,探讨海棠再制奶酪的配方及加工工艺。先以海棠果汁酶解液透光率为评价指标,在单因素试验的基础上,通过正交试验得出最佳酶解工艺:酶解温度 45 ℃,酶解时间 120 min,果胶酶添加量 0.08%。然后以样品感官品质和弹性为评价指标,通过单因素试验以及响应面设计,得出最佳配方及工艺:35%天然奶酪、18.31%海棠果汁酶解液[料水比 1:3 (g/mL)]、2.5%复合乳化盐(柠檬酸钠:多聚磷酸钠:焦磷酸钠:六偏磷酸钠质量比 4:2:2:1)、12%黄油、6%脱脂乳粉、6%白砂糖、0.46%复合稳定剂(卡拉胶:黄原胶质量比 4:1)、其余为纯净水,乳化温度 77.1 ℃、乳化时间 10.5 min 以及搅拌速度 3 000 r/min。经此工艺制成的成品感官评分为 57.37(满分 60分),弹性 0.905 mm 与对照样弹性非常接近。成品组织结构细腻光滑、色泽淡黄、口感润滑,营养丰富,具有海棠果的风味,符合再制奶酪产品国家标准规定。

关键词:海棠果;再制奶酪;配方;工艺;响应面法

Optimization of Formula and Processing Technology for Plum-leaved Crab Apple Processed Cheese

XU Hai-xiang, CHEN Zi-da, LIU Ling-ling

(Jiangsu Agri-animal Husbandry Vocational College, Taizhou 225300, Jiangsu, China)

Abstract: We explored the processing technology and formula of plum-leaved crab apple processed cheese. Firstly, the enzymatic hydrolysis conditions were optimized through single factor test and orthogonal design with light transmittance of the enzymatic hydrolysate as the indicator, which showed that the hydrolysis at 45 ℃ for 120 min with the addition of 0.08% pectinase had the best performance. Then, single factor test and response surface methodology were employed to optimize the process and formula with the sensory quality and elasticity of the product as the indicators. The optimized formula was composed of 35% natural cheese, 18.31% enzymatic hydrolysate of plum-leaved crab apple juice [material-to-liquid ratio of 1:3 (g/mL)], 2.5% compound emulsifying salt (sodium citrate:sodium polyphosphate:sodium pyrophosphate:sodium hexametaphosphate=4:2:2:1), 12% butter, 6% skimmed milk powder, 6% white sugar, 0.46% complex colloid stabilizer (carrageenan:xanthan gum=4:1), and pure water. The optimized process was emulsification at 77.1 ℃ and 3 000 r/min for 10.5 min. The product made with the above formula and process had the sensory score of 57.37 (out of 60 points) and the elasticity of 0.905 mm which was very close to that of the control sample. The finished product had fine and smooth texture, light yellow color, smooth taste, rich nutrition, and the flavor of plum-leaved crab apple, which met the national standard of processed cheese products.

Key words: plum-leaved crab apple; processed cheese; formula; processing technology; response surface methodology

引文格式:

徐海祥,陈籽达,刘灵灵.海棠果再制奶酪配方及加工工艺优化[J].食品研究与开发,2022,43(6):106-116.

XU Haixiang, CHEN Zida, LIU Lingling. Optimization of Formula and Processing Technology for Plum-leaved Crab Apple Processed Cheese[J]. Food Research and Development, 2022, 43(6):106-116.

基金项目:江苏农牧科技职业学院科研项目(NSF201806);江苏省大学生创新创业训练计划项目(202012806024Y)

作者简介:徐海祥(1976—),男(汉),副教授,硕士,研究方向:畜产品加工技术。

海棠果为蔷薇科苹果属植物的果实。海棠是优美的观赏植物,树性强健,适应性强,耐涝,耐盐,抗寒力和丰产性均较强^[1]。有研究结果表明,海棠果中含有丰富的营养成分,粗纤维含量高达7.48%,还包括多种维生素、矿物质以及有机酸等^[2],具有解毒生津、止渴去火、养胃、助消化、抗病毒、消炎等保健功能^[3]。目前以海棠果为原料的加工产品比较少见,因此制约了海棠果的综合利用。因此,加强对海棠果的开发研究十分必要,若将其加工成海棠果再制奶酪将有较大的发展空间。

经查阅中国知网(China National Knowledge Inter-net,CNKI)等有关文献及市场调研,检索到CNKI数据库中与海棠果应用相关的研究,如司更花等^[4]研究了酶法制备海棠果汁的酶解工艺条件优化;余倩倩等^[5]探讨了麦香型海棠果汁饮料的加工关键工艺技术;菅田田等^[6]研制得到一种麸皮高酸海棠果饮料,其营养丰富、酸甜适口。但无论文献上还是市场上目前暂未见有海棠果在再制奶酪类乳制品中的应用研究及产品。本研究以西府海棠果为主要原料,探讨海棠果再制奶酪配方及加工工艺,并利用响应面法对配方及工艺参数进行优化,以期对海棠果再制奶酪的研究及工业化生产提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

1.1.1 材料与试剂

海棠果、全脂奶粉、白砂糖、小苏打:市售;切达奶酪、黄油:上海意诺食品有限公司;黄原胶、卡拉胶:河北格贝达生物科技有限公司;果胶酶、柠檬酸钠、多聚磷酸钠、焦磷酸钠、六偏磷酸钠:河南青羊生物科技有限公司;硫酸、异戊醇(分析纯):中国医药集团有限公司。

1.1.2 仪器与设备

破壁料理机(MJ-PB12Power304):美的集团股份有限公司;离心机(5810R):德国艾本德股份公司;电子天平(EL3002):梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司集团;质构仪(FTC-TMS-Touch):北京盈盛恒泰科技有限责任公司;分光光度计(T6):北京普析通用仪器有限责任公司;干酪融化锅(UMC5):潮州市潮安区彩塘镇凯迪克不锈钢制品厂;高速组织捣碎机(DS-1):无锡久平仪器有限公司;水浴锅(HH-S2):金坛区成辉仪器厂;酸度计(PHS-3E):上海仪电科学仪器股份有限公司;盖勃氏乳脂计(最小刻度值0.1%):南京铭奥仪器设备有限公司。

1.2 方法

1.2.1 工艺流程

海棠果选料→清洗→烫漂→去皮→去核→打浆→酶处理→过滤→调酸→天然奶酪预处理→配料→加热融化→乳化→杀菌→灌装→冷藏→成品。

1.2.2 操作要点

1.2.2.1 选料

选用直径约2.5 cm的新鲜海棠果,要求大小均一,色泽鲜红,果肉饱满,形状圆球形,无病虫害,无僵果腐烂霉变。用清水冲洗干净,去除杂质的残留^[7]。

1.2.2.2 清洗、烫漂

将海棠果流水冲洗干净,去除果梗,置于80℃的热水中烫漂1 min左右,至海棠果软化为止,取出沥干水分^[8]。

1.2.2.3 去皮、去核及打浆

剥去外皮,取出果肉,并剔除海棠果核,将去除外皮和果核的海棠果肉按料水比1:3(g/mL)的比例,经组织捣碎机和破壁料理机分别高速打浆1 min后,制成海棠果浆备用。

1.2.2.4 酶处理

将制成的海棠果浆中加入果胶酶,按果浆料量适当添加适量的果胶酶,调节果浆pH值至4.0,在一定温度的水浴中酶解一段时间,至海棠果浆料澄清为止,升温至100℃,以终止酶活^[9]。

1.2.2.5 过滤、调酸

将经酶解澄清的海棠果浆汁采用40目的双层纱布过滤,然后通过胶体磨细磨两遍,在20 MPa均质压力下进一步均质,得澄清均一的海棠果汁,最后用0.1%的小苏打溶液调节海棠果汁pH值至4.7~4.9备用。

1.2.2.6 天然奶酪预处理

将成熟期6个月的切达奶酪切成1 cm³左右的小块,并经组织捣碎机捣碎备用^[10]。

1.2.2.7 配料、加热融化及乳化

按配制1 kg海棠果再制奶酪计算,分别称取35%天然奶酪碎粒、适量海棠果汁酶解液、12%黄油,一起加入融化锅中,以2 000 r/min的转速搅拌混合均匀^[11],然后再加入0.5%复合乳化盐(经预试验确定柠檬酸钠:多聚磷酸钠:焦磷酸钠:六偏磷酸钠质量比4:2:2:1)、6%脱脂乳粉、6%白砂糖、适量复合稳定剂(卡拉胶:黄原胶质量比4:1)以及纯净水,于适当温度条件下,以3 000 r/min的速度搅拌,使各种原辅料充分融合乳化一定时间,至组织状态均匀细腻^[12]。

1.2.2.8 杀菌、灌装、冷藏及成品

乳化完成后,以3 000 r/min继续加热搅拌,加热

至95℃,保温5 min,然后出锅灌装。灌装完成后将海棠果再制奶酪置于0℃~4℃冰箱冷藏,迅速降温至10℃以下贮藏^[3]。经感官评定、质构分析、理化以及微生物检测合格,即为成品。

1.2.3 酶解工艺条件的确定

以测定的酶解液透光率为指标,通过单因素及正交试验,对影响酶解的果胶酶添加量、酶解温度以及酶解时间3个因素进行研究,确定最佳酶解工艺条件^[4]。

1.2.3.1 果胶酶添加量对海棠果汁透光率的影响

取经去皮、去核及打浆预处理后的海棠果浆料,按以下6个水平0.02%、0.04%、0.06%、0.08%、0.10%、0.12%分别加入果胶酶,在45℃条件下充分搅拌混匀溶解后,经110 min水浴保温酶解,然后升温至100℃,以终止酶活。每个水平试验重复3次,分别测定酶解液的透光率。

1.2.3.2 酶解温度对海棠果汁透光率的影响

取经去皮、去核及打浆预处理后的海棠果浆料,按0.06%添加果胶酶于海棠果浆中混匀,分别于35、40、45、50、55、60℃6个水平的水浴条件下保温酶解110 min,然后升温至100℃,以终止酶活。每个水平试验重复3次,分别测定酶解液的透光率。

1.2.3.3 酶解时间对海棠果汁透光率的影响

取经去皮、去核及打浆预处理后的海棠果浆料6份,按0.06%添加果胶酶于海棠果浆中混匀,分别按以下6个水平80、90、100、110、120、130 min的酶解时间,于45℃水浴条件下保温酶解,然后升温至100℃,以终止酶活。每个水平试验重复3次,分别测定酶解液的透光率,考察果胶酶在不同的酶解时间条件下对酶解效果的影响。

1.2.3.4 正交试验优化酶解工艺

在单因素试验结果的基础上,选取果胶酶添加量、酶解温度及酶解时间的较优工艺参数,以酶解液透光率为评价指标,设计 $L_9(3^4)$ 正交试验,对酶解工艺进行优化分析,筛选出产品的最佳酶解工艺。正交试验因素水平见表1。

表1 正交试验因素水平

Table 1 The factors and levels of orthogonal test

水平	因素		
	A 果胶酶添加量/%	B 酶解温度/℃	C 酶解时间/min
1	0.06	45	110
2	0.08	50	120
3	0.10	55	130

1.2.4 海棠果再制奶酪配方及工艺参数的优化

查阅相关文献并经预试验研究结果表明:海棠果

汁酶解液添加量、复合稳定剂添加量、乳化温度以及乳化时间是影响海棠果再制奶酪品质的比较重要因素^[5]。以成品的感官品质以及弹性为指标,以市售某知名品牌奶酪棒质构弹性为对照,经单因素试验并采用响应面分析法对海棠果汁酶解液添加量、复合稳定剂添加量、乳化温度以及乳化时间进行选择优化,确定成品最佳的加工工艺及配方。

1.2.4.1 海棠果汁酶解液用量对海棠果再制奶酪感官品质及弹性的影响

设定制备1 kg海棠果再制奶酪,按添加35%天然奶酪、2.5%复合乳化盐、0.5%复合稳定剂、6%脱脂乳粉、6%白砂糖、12%黄油、20%纯净水、乳化温度80℃、乳化时间10 min以及搅拌速度3 000 r/min,分别设定12%、14%、16%、18%、20%、22%的海棠果汁酶解液[料水比1:3(g/mL)]添加量6个梯度,按“1.2.1”及“1.2.2”的工艺要求制备海棠果再制奶酪,测其弹性并进行感官评定。

1.2.4.2 复合稳定剂添加量对海棠果再制奶酪感官品质及弹性的影响

设定制备1 kg海棠果再制奶酪,按添加35%天然奶酪、18%的海棠果汁酶解液[料水比1:3(g/mL)]、2.5%复合乳化盐、6%脱脂乳粉、6%白砂糖、12%黄油、20%纯净水、乳化温度80℃、乳化时间10 min以及搅拌速度3 000 r/min,分别设定0.2%、0.3%、0.4%、0.5%、0.6%、0.7%复合稳定剂添加量6个梯度,按“1.2.1”及“1.2.2”的工艺要求制备海棠果再制奶酪,分别测其弹性并进行感官评定。

1.2.4.3 乳化温度对海棠果再制奶酪感官品质及弹性的影响

设定制备1 kg海棠果再制奶酪,按添加35%天然奶酪、18%的海棠果汁酶解液[料水比1:3(g/mL)]、2.5%复合乳化盐、0.5%复合稳定剂、6%脱脂乳粉、6%白砂糖、12%黄油、20%纯净水、乳化时间10 min以及搅拌速度3 000 r/min,分别设定乳化温度65、70、75、80、85、90℃6个梯度,按“1.2.1”及“1.2.2”的工艺要求制备海棠果再制奶酪,测其弹性并进行感官评定。

1.2.4.4 乳化时间对海棠果再制奶酪感官品质及弹性的影响

设定制备1 kg海棠果再制奶酪,按添加35%天然奶酪、18%的海棠果汁酶解液[料水比1:3(g/mL)]、2.5%复合乳化盐、0.5%复合稳定剂、6%脱脂乳粉、6%白砂糖、12%黄油、20%纯净水、乳化温度80℃以及搅拌速度3 000 r/min,分别设定乳化时间6、8、10、12、14、16 min 6个梯度,按“1.2.1”及“1.2.2”的工艺要求制备

海棠果再制奶酪,分别测其弹性并进行感官评定。

1.2.4.5 响应面法优化海棠果再制奶酪配方及工艺参数

在单因素试验结果的基础上,分别选取海棠果汁酶解液用量、复合稳定剂、乳化温度及乳化时间的较优工艺参数,以海棠果再制奶酪成品弹性及感官评分为评价指标,以市售某知名品牌奶酪棒质构为对照,利用 Design Expert 软件中的响应面设计法,对影响弹性和感官得分的海棠果汁酶解液用量、复合稳定剂、乳化温度及乳化时间进行响应面设计,优化海棠果再制奶酪的配方及工艺条件。响应面设计因素水平编码值见表 2。

表 2 响应面因素水平

Table 2 The factors and levels of response surface

水平	因素			
	A 海棠果汁酶解液用量/%	B 复合稳定剂用量/%	C 乳化温度/℃	D 乳化时间/min
-1	16	0.4	75	8
0	18	0.5	80	10
1	20	0.6	85	12

1.2.5 指标检测及感官评价方法

1.2.5.1 弹性检测

取样:测试前将同一批海棠果再制奶酪样品取 3 个

样品切割成 3 cm×2 cm×1 cm 的长方体,取样后至测试前将检样统一放置于冰箱冷藏室中以防止环境温度对检样质地产生影响,选取圆柱型探头 P/25 在室温下进行弹性分析^[16]。

弹性检测:利用质构仪检测探头的二次下压测定样品的弹性,得到相应的参数。在室温下进行测定,每个样品做 3 次平行试验。

质构仪参数设定:测试时探头下降速度 5 mm/s,测试时探头运动速率 1.0 mm/s,测试后探头回程速度 5 mm/s,测试力为 0.5 N,测试距离 5.00 mm,探头型号 P/25。每组海棠果再制奶酪样品平行测定 3 次。

1.2.5.2 透光率

取酶解好的海棠果汁酶解液,采用紫外-可见分光光度计,以蒸馏水作参比,用 1 cm 比色皿在波长 660 nm 下,测定透光率 T^[17]。

1.2.5.3 感官品质评定

随机选择 10 名评审人员(男女各 5 人)组成评定小组,从色泽、黏度、表观质地、融化性、弹性及风味 6 方面分别进行合理打分,采用盲评方式进行评定,样品随机编码,采用总分 60 分制的综合评分法,去掉 1 个最高分和 1 个最低分,其他得分取平均值作为最终感官评价得分。感官评分标准如表 3 所示。

表 3 感官品质评分标准

Table 3 The standards of sensory evaluation

项目	评价标准描述	得分	项目	评价标准描述	得分
色泽(10)	浅黄色,颜色略有光泽	8~10	黏度(10)	黏附性较强,但不粘牙	8~10
	微黄,色泽暗淡	6~7		黏附性较强,稍粘牙	6~7
	灰白色	3~5		黏附性强,粘牙;或略有黏附性	3~5
	黄白颜色不均	1~2		黏附性差,酪蛋白凝聚	1~2
表观质地(10)	质地均一,光滑细腻	8~10	融化性(10)	入口易融化,质地均匀	8~10
	较细腻,略干燥或略稀薄	6~7		融化略快或较慢	6~7
	较粗糙,有小颗粒,干燥或稀薄	3~5		融化较慢表面有脂肪膜	3~5
	脂肪析出明显、固液分离 ^[18]	1~2		速融而稀薄或不易融化	1~2
弹性(10)	弹性和对照样非常接近	8~10	风味(10)	干酪风味浓郁,口感柔滑细腻,有海棠果味	8~10
	弹性与对照样稍有差异,弹性适中	6~7		干酪风味轻淡,较柔滑,略有海棠果味	6~7
	弹性较差,口感较软,或较硬	3~5		干酪风味平淡,无海棠果味,油腻	3~5
	呈黏稠半固体状,或硬	1~2		加工带来的异味,胶感明显或很油腻	1~2

1.2.5.4 产品质量检测

根据 GB25192—2010《食品安全国家标准 再制干酪》国家标准的要求^[19],对经试验确定最优工艺制作的海棠果再制奶酪进行各项指标检测,具体检测方法详见 GB 5009.6—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》、GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》、GB 4789.2—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定》、GB 4789.3—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 大肠菌群计数》、

GB 4789.4—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 沙门氏菌检验》、GB 4789.10—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 金黄色葡萄球菌检验》国家标准中相应的方法。

2 结果与分析

2.1 酶解过程对海棠果汁透光率的影响

2.1.1 果胶酶添加量对海棠果汁透光率的影响

果胶酶添加量对海棠果汁透光率的影响如图 1 所示。

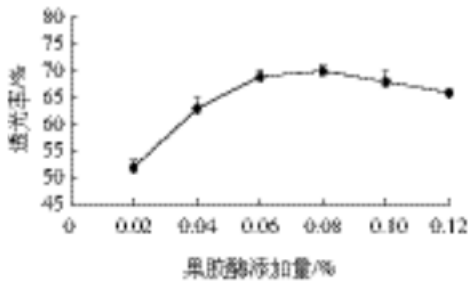


图1 果胶酶添加量对酶解液透光率的影响

Fig.1 Effect of the addition of pectinase on light transmittance of enzymolysis solution

由图1可以看出,不同果胶酶添加量对海棠果汁酶解液透光率有显著影响,随着果胶酶添加量的增加,果汁透光率呈上升趋势,在添加量为0.08%时,成品透光率较高,效果较好,之后继续增加果胶酶的添加量,酶解液透光率呈缓慢下降趋势。为了节约酶的使用量和生产成本,因此选择较适宜的果胶酶添加量的3个水平为0.06%、0.08%及0.10%,进行后续试验。

2.1.2 酶解温度对海棠果汁透光率的影响

酶解温度对海棠果汁透光率的影响如图2所示。

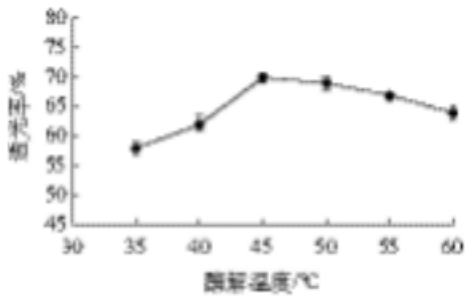


图2 酶解温度对酶解液透光率的影响

Fig.2 Effect of the enzymolysis temperature on light transmittance of enzymolysis solution

由图2可以看出,不同的酶解温度果胶酶对海棠果汁酶解液透光率有明显影响,随着温度的升高,果汁透光率呈现先升高后下降的趋势,这是因为温度升高,反应速度加快,果胶酶的作用增强,但温度过高也会导致酶蛋白变性而失去活性,导致酶解效果降低^[20]。在45℃水浴温度条件下保温110min酶解,得到的酶解液透光率最高,继续提高酶解温度,酶解液透光率呈现缓慢下降趋势。因此,选择较适宜的果胶酶酶解温度的3个水平为45、50、55℃,进行后续试验。

2.1.3 酶解时间对海棠果汁透光率的影响

酶解时间对海棠果汁透光率的影响如图3所示。

由图3可以看出,果胶酶的酶解时间不同对海棠果汁酶解液透光率有明显影响,在45℃水浴温度条件下酶解120min,得到的酶解液透光率最高,继续提高

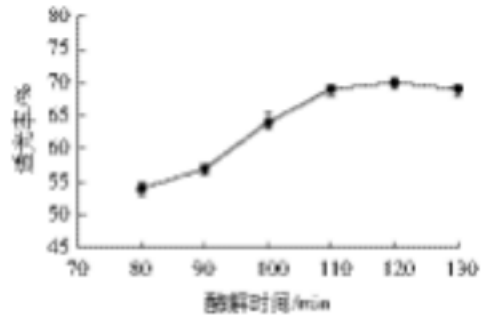


图3 酶解时间对酶解液透光率的影响

Fig.3 Effect of the enzymolysis time on light transmittance of enzymolysis solution

酶解时间,酶解液透光率呈现平缓趋势,考虑到酶解时间过长对果汁色泽、风味、营养等有不良影响,且延长酶解时间还会造成能耗增加和工作效率降低^[21]。因此,选择较适宜的果胶酶酶解时间的3个水平为110、120、130min,进行后续试验。

2.1.4 酶解最佳工艺的优化

酶解过程中果胶酶添加量、酶解温度和酶解时间对海棠果汁透光率影响的正交试验结果如表4所示。

表4 正交试验结果

Table 4 The results of orthogonal test

试验号	因素				透光率 T/%
	A	B	C	D(空列)	
1	1	1	1	1	65
2	1	2	2	2	64
3	1	3	3	3	61
4	2	1	2	3	74
5	2	2	3	1	72
6	2	3	1	2	69
7	3	1	3	2	71
8	3	2	1	3	68
9	3	3	2	1	69
K ₁	190	210	202	206	
K ₂	215	204	207	204	
K ₃	208	199	204	203	
k ₁	63.3	70	67.3	68.7	
k ₂	71.7	68	69	68.0	
k ₃	69.3	66.3	68	67.7	
R	8.4	3.7	1.7	1.0	

由表4可知,各因素对酶解液透光率影响的大小顺序依次为:A>B>C,即果胶酶添加量>酶解温度>酶解时间,根据正交试验的结果,最终确定海棠果汁酶解的最优工艺为:A₂B₁C₂,即果胶酶添加量0.08%,酶解温度45℃,酶解时间120min。经验证试验,用此酶解工艺制备的海棠果汁酶解液透光率达76%。

2.2 最佳配方及乳化工艺的优化

2.2.1 海棠果汁酶解液添加量对再制奶酪成品品质的影响

海棠果汁酶解液添加量对成品弹性及感官品质的影响如图4、图5所示。

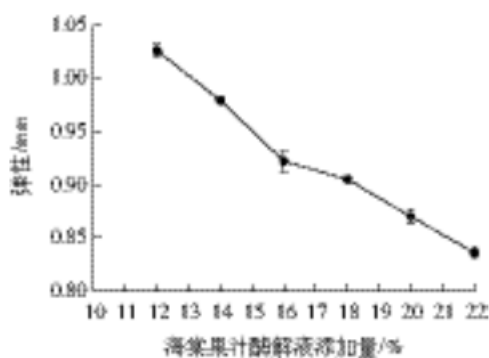


图4 海棠果汁酶解液添加量对成品弹性的影响

Fig.4 Effect of the addition of the begonia juice enzymatic hydrolysate on elasticity of finished product

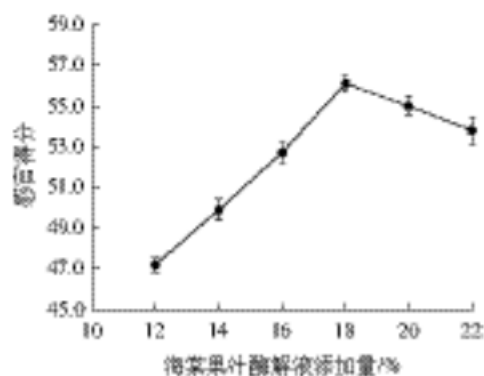


图5 海棠果汁酶解液添加量对成品感官评分的影响

Fig.5 Effect of the addition of the begonia juice enzymatic hydrolysate on sensory score of finished product

由图4和图5可知,随着海棠果汁酶解液添加量的增加,再制奶酪弹性下降,但感官评分呈现先升后降的趋势,在海棠浆添加量为18%时,感官评分最高,此时成品弹性0.905 mm,与对照样某知名品牌奶酪棒弹性0.901 mm亦最接近。因此,综合考虑两者因素,添加18%的海棠果汁酶解液[料水比1:3(g/mL)]时,制备的海棠果再制奶酪品质较优。

2.2.2 复合稳定剂添加量对再制奶酪成品品质的影响

复合稳定剂添加量对成品弹性及感官品质的影响如图6、图7所示。

由图6和图7可知,随着复合稳定剂添加量的增加,再制奶酪的弹性亦随之增加,后期趋缓;但感官评分呈现先升后缓降的趋势,在复合稳定剂添加量为0.5%时,感官评分最高,成品弹性亦与对照样接近。这

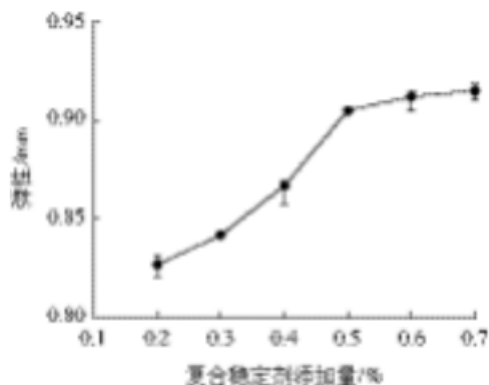


图6 复合稳定剂添加量对成品弹性的影响

Fig.6 Effect of the addition of the compound stabilizer on elasticity of finished product

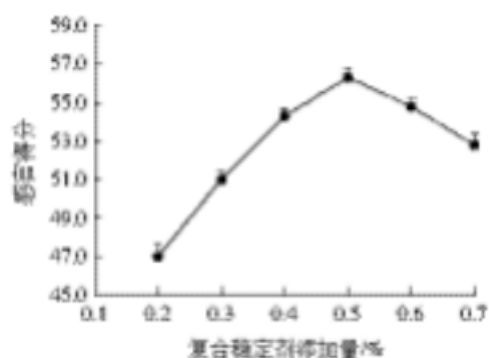


图7 复合稳定剂添加量对成品感官评分的影响

Fig.7 Effect of the addition of the compound stabilizer on sensory score of finished product

可能是当添加量高于这个比例时,样品的硬度会有所提高,但弹性增加不多;当添加量小于这个比例时,样品略软黏,胶体感较强,弹性不足。综合考虑两者因素,选择添加0.5%的复合稳定剂,制备的海棠果再制奶酪品质效果较好。

2.2.3 乳化温度对再制奶酪成品品质的影响

乳化温度对成品弹性及感官品质的影响如图8、图9所示。

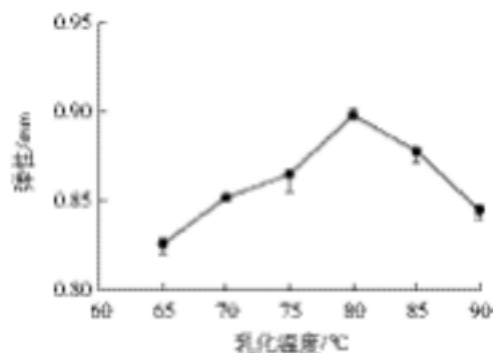


图8 乳化温度对成品弹性的影响

Fig.8 Effect of the emulsification temperature on elasticity of finished product

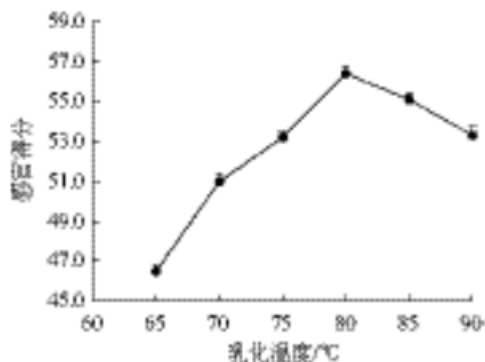


图9 乳化温度对成品感官评分的影响

Fig.9 Effect of the emulsification temperature on sensory score of finished product

由图8和图9可以看出,不同乳化温度对成品弹性及感官得分有显著影响。随着乳化温度的升高,再制奶酪的弹性亦随之增加,后期呈下降趋势;感官评分亦呈现先升后降的趋势,这可能与乳化温度影响酪蛋白疏水作用的强度有关,在乳化温度为80℃时,感官评分最高,成品弹性亦与对照样接近,弹性最好。因此,选用乳化温度为80℃作为乳化的较优温度。

2.2.4 乳化时间对再制奶酪成品品质的影响

乳化时间对成品弹性及感官品质的影响如图10、图11所示。

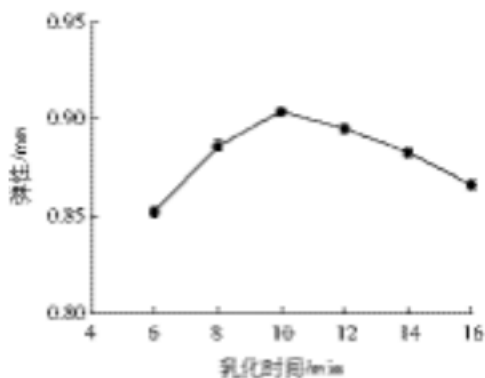


图10 乳化时间对成品弹性的影响

Fig.10 Effect of the emulsification time on elasticity of finished product

由图10和图11可知,随着乳化时间的延长,再制奶酪成品的弹性亦随之增加,产品的弹性呈先升高后降低的趋势,感官评分呈现先升后缓降的趋势,这说明乳化时间并不是越长越好的,乳化时间短,乳化不充分,而时间过长则会使蛋白链变得细小^[22]。在乳化时间为10min时,感官评分最高,成品弹性与对照样接近,弹性最好。综合考虑两者因素,选择乳化时间为10min制备海棠果再制奶酪品质较好。

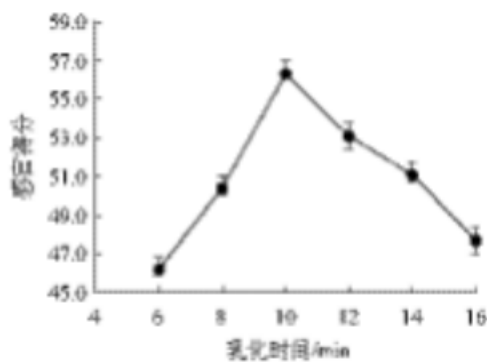


图11 乳化时间对成品感官评分的影响

Fig.11 Effect of the emulsification time on sensory score of finished product

2.2.5 配方及乳化工艺参数的响应面分析法优化

基于单因素试验结果,根据Box-Behnken中心组合设计四因子三水平的响应面试验,响应面试验设计方案及结果如表5所示。

表5 响应面试验设计与结果

Table 5 Design and results of Box-Behnken experiments

试验号	因素				感官得分
	A 海棠果汁酶解液添加量	B 复合稳定剂添加量	C 乳化温度	D 乳化时间	
1	1	0	0	1	53.8
2	-1	0	1	0	51.8
3	-1	0	-1	0	50.0
4	1	0	0	-1	53.3
5	0	1	1	0	55.2
6	0	0	0	0	56.5
7	1	1	0	0	53.0
8	0	-1	-1	0	50.0
9	-1	0	0	1	51.7
10	-1	0	0	-1	47.6
11	1	-1	0	0	52.1
12	0	-1	1	0	52.5
13	0	0	1	-1	53.8
14	0	0	-1	-1	52.5
15	0	0	0	0	56.5
16	-1	1	0	0	51.0
17	1	0	1	0	54.7
18	0	0	1	1	55.8
19	-1	-1	0	0	48.0
20	0	0	0	0	57.0
21	0	0	-1	1	55.5
22	0	0	0	0	56.5
23	1	0	-1	0	53.0
24	0	1	-1	0	52.5
25	0	-1	0	-1	47.9
26	0	0	0	0	57.0
27	0	-1	0	1	52.1
28	0	1	0	-1	53.6
29	0	1	0	1	52.2

利用 Design-Expert12 软件对影响海棠果再制奶

酪感官评分的4个主要因素的中心组合试验结果,进行二次多项式回归拟合,得到响应值Y(感官得分)对影响海棠果再制奶酪感官品质的关键因素(A、B、C、D)的二次多项回归模型:

$$Y=56.6+1.67A+1.24B+0.7917C+0.95D-0.525AB+0.175AC-0.65AD+0.05BC-1.40BD-0.25CD-3.05A^2-3.01B^2-0.76C^2-1.39D^2。$$

回归模型方差分析见表6。

表6 回归模型的方差分析

Table 6 The variance analysis of regression equation

方差来源	平方和	自由度	均方	F值	P值	显著性
模型	188.60	14	13.47	23.02	< 0.000 1	***
A	33.33	1	33.33	56.96	< 0.000 1	***
B	18.50	1	18.50	31.62	< 0.000 1	***
C	7.52	1	7.52	12.85	0.003 0	**
D	10.83	1	10.83	18.51	0.000 7	**
AB	1.10	1	1.10	1.88	0.191 5	
AC	0.122 5	1	0.122 5	0.209 3	0.654 3	
AD	1.69	1	1.69	2.89	0.111 3	
BC	0.010 0	1	0.010 0	0.017 1	0.897 9	
BD	7.84	1	7.84	13.40	0.002 6	*
CD	0.250 0	1	0.250 0	0.427 2	0.523 9	
A ²	60.34	1	60.34	103.11	< 0.000 1	***
B ²	58.87	1	58.87	100.59	< 0.000 1	***
C ²	3.77	1	3.77	6.44	0.023 6	*
D ²	24.04	1	24.04	41.08	< 0.000 1	***
残差	8.19	14	0.585 2			
失拟项	7.49	10	0.749 2	4.28	0.086 8	
纯误差	0.700 0	4	0.175 0			
总差	196.79	28				

注:***表示高度显著(P<0.000 1);**表示极显著(P<0.01);*表示显著(P<0.05)。

由表6回归模型的方差分析表明:F值为23.02,P值<0.000 1,表示该模型具有极显著性差异。失拟项F值为4.28,且P值为0.086 8>0.05,即方程失拟项表现不显著,该模型回归拟合良好。该模型R²=0.958 4,R²_{Adj}=0.916 7,表明该模型可用于分析和预测海棠果再制奶酪感官品质的评分。由P值大小可知,A、B、A²、B²、D²对海棠果再制奶酪的感官评分有极显著影响

(P<0.000 1);C、D对海棠果再制奶酪的感官评分有高度影响显著(P<0.01);BD、C²对海棠果再制奶酪的感官评分有显著影响(P<0.05)。由F值大小可知,各因素对响应值影响强弱的关系为:A海棠果汁酶解液用量>B复合稳定剂用量>D乳化时间>C乳化温度。

各因素之间交互作用对海棠果再制奶酪感官评分影响的响应曲面图如图12~图17所示。

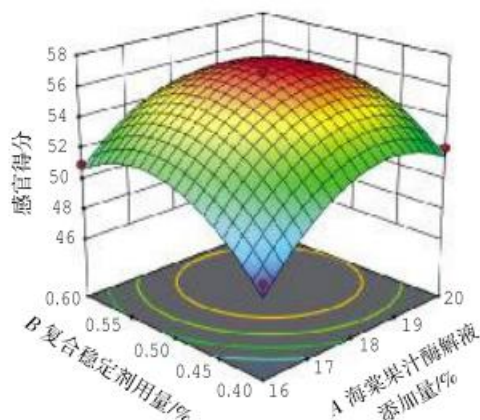


图12 海棠果汁酶解液添加量与复合稳定剂用量的交互作用

Fig.12 Interaction of amount of begonia juice enzyme solution added and the addition of the compound stabilizer

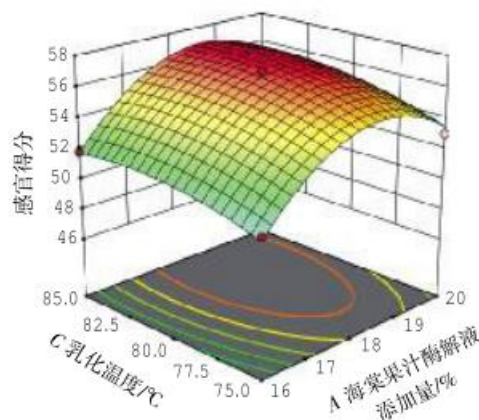


图13 海棠果汁酶解液添加量与乳化温度的交互作用

Fig.13 Interaction of added amount of begonia juice enzyme solution and emulsification temperature

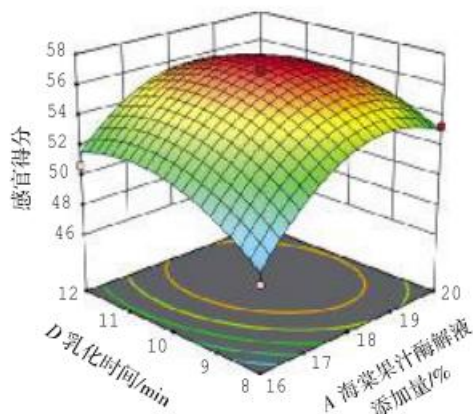


图14 海棠果汁酶解液添加量与乳化时间的交互作用

Fig.14 Interaction of added amount of begonia juice enzyme solution and emulsification time

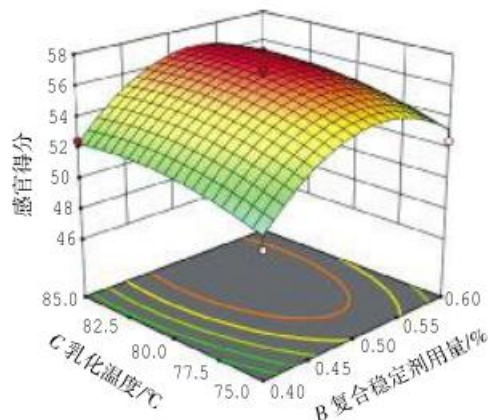


图15 复合稳定剂用量与乳化温度的交互作用

Fig.15 Interaction of compound stabilizer dosage and emulsification temperature

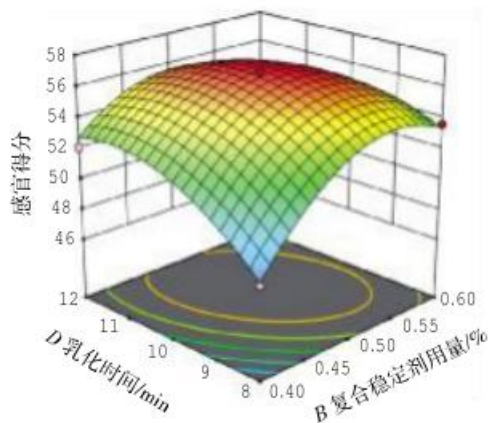


图16 复合稳定剂用量与乳化时间的交互作用

Fig.16 Interaction of compound stabilizer amount and emulsification time

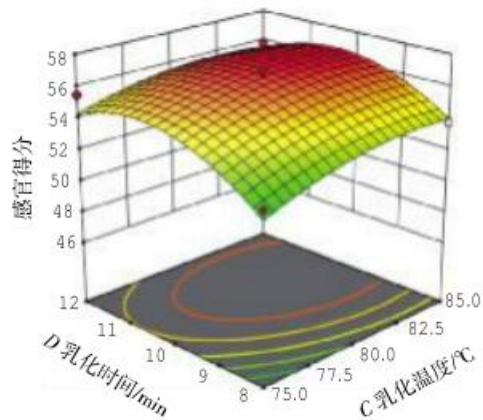


图17 乳化温度与乳化时间的交互作用

Fig.17 Interaction of emulsification temperature and emulsification time

由图16可知,当海棠果浆酶解液添加量和乳化温度均为零点时,复合稳定剂添加量和乳化时间两者之间交互作用有一定的显著性。当复合稳定剂添加量不变时,海棠果再制奶酪感官评分随乳化时间增加呈现先升高后下降的趋势;当其值一定时,感官评分随复合稳定剂添加量的增加呈现先增加后缓慢下降的趋势,且变化幅度相对较大,曲面坡度较陡峭,说明复合稳定剂添加量与乳化时间的交互作用对海棠果再制奶酪感官品质的影响显著,这与方差分析结果一致。同时,由等高线疏密程度可以判断,复合稳定剂添加量对海棠果再制奶酪感官评分的影响,比乳化时间对感官品质的影响更大。从图12、13、14、15、17可以看出,相应交互项之间的交互作用对海棠果再制奶酪感官评分的影响不显著。

根据海棠再制奶酪的乳化工艺参数试验结果和回归方程各项的方差分析,由Design-Expert 12软件对回归方程进行计算,优化出制备海棠果再制奶酪的

最佳配方及乳化工艺条件为海棠果酶解液用量18.31%,复合稳定剂用量0.46%,乳化温度77.1 °C,乳化时间10.5 min。在此条件下,模型预测感官得分为57.48。

为验证响应面分析法优化的海棠果再制奶酪最佳乳化工艺条件的可靠性,此条件下进行3次验证试验,海棠再制奶酪的感官评分分别为57.4、57.7、57.0,平均感官评分为57.37,其相对误差不到1%,表明该模型拟合度好,与模型预测值接近,证实了模型的有效性。因此,制备海棠再制奶酪的最佳乳化工艺条件为海棠酶解液用量18.31%,复合稳定剂用量0.46%,乳化温度77.1 °C,乳化时间10.5 min。

2.3 产品质量检测结果

对照再制奶酪国家标准GB 25192—2010《食品安全国家标准 再制干酪》,对样品进行感官、理化、微生物、真菌以及污染物限量的检测,结果均在标准限量范围内。因此,海棠果再制奶酪产品各项指标均符合

再制干酪国家标准的要求。

3 结论

在单因素试验的基础上,通过正交试验确定了海棠果浆的最佳酶解条件:酶解温度 45 ℃。酶解时间 120 min,果胶酶添加量 0.08%。以海棠再制奶酪成品的感官品质及样品弹性为评价依据,在单因素试验结果的基础上,经响应面优化工艺和验证试验,得到最佳配方及乳化工艺为:添加 18.31%海棠果浆酶解液(料水质量比 1:3)、35%天然奶酪、2.5%复合乳化盐(柠檬酸钠:多聚磷酸钠:焦磷酸钠:六偏磷酸钠质量比 4:2:2:1)、0.46%复合稳定剂(卡拉胶:黄原胶质量比 4:1)、6%脱脂乳粉、6%白砂糖、12%黄油、其余为纯净水,乳化温度 77.1 ℃、乳化时间 10.5 min 以及搅拌速度 3 000 r/min。经此工艺条件处理后制成的海棠果再制奶酪产品感官评分为 57.37 分(满分 60 分),弹性 0.905 mm,与对照样某知名品牌奶酪棒弹性 0.901 mm 最接近,组织结构细腻光滑、色泽均匀、口感润滑,营养丰富,具有海棠果的风味,符合再制奶酪产品国家标准规定。

参考文献:

- 童观珍,樊莹润,李泽林,等.响应面设计优化丽江海棠果果汁饮料配方[J].食品研究与开发,2019,40(24):85-91.
TONG Guanzhen, FAN Yingrun, LI Zelin, et al. Formula optimization for *Malus rockii* rehder juice beverage by box-behnken design [J]. Food Research and Development, 2019, 40(24): 85-91.
- HAQUE M R, ISLAM M, KUDDUS M R. In vitro and in vivo evaluation of pharmacological potential of *Begonia barbata* Wall [J]. Future Journal of Pharmaceutical Sciences, 2020, 6: 112.
- DING H B, GONG Y X, PAN R, et al. A new tuberous species of *Begonia* L. (Begoniaceae) from southern Yunnan, China [J]. Phytotaxa, 2020, 474(1): 81-86.
- 司更花,刘圣鹏,冯文娟.酶法制备海棠果汁的酶解条件优化研究[J].中国酿造,2015,34(5):115-117.
SI Genghua, LIU Shengpeng, FENG Wenjuan. Optimization of enzymatic hydrolysis conditions for crabapple juice with pectinase [J]. China Brewing, 2015, 34(5): 115-117.
- 余倩倩,赖悦文,李鹏飞,等.麦香型海棠果汁饮料的工艺研究[J].饮料工业,2019,22(6):51-55.
YU Qianqian, LAI Yuewen, LI Pengfei, et al. Study on the processing technology of wheat-flavor crabapple fruit juice [J]. Beverage Industry, 2019, 22(6): 51-55.
- 菅田田,屈磊,马学明,等.麸皮高酸海棠果饮料的研制[J].食品与发酵工业,2016,42(12):115-119.
JIAN Tiantian, QU Lei, MA Xueming, et al. Preparation of heat bran and high acid crabapple fruit beverage [J]. Food and Fermentation Industries, 2016, 42(12): 115-119.
- 张辉元,康三江,曾朝珍,等.苹果海棠复合果酒酿造工艺研究[J].酿酒科技,2020(1):50-56.
ZHANG Huiyuan, KANG Sanjiang, ZENG Chaozhen, et al. Production techniques of apple-crabapple wine [J]. Liquor-Making Science & Technology, 2020(1): 50-56.
- 邢洁,兰宏旺,董久霞,等.海棠果汁加工工艺研究[J].内蒙古科技与经济,2013(6):82-83.
XING Jie, LAN Hongwang, DONG Jiuxia, et al. Study on processing technology of begonia juice [J]. Inner Mongolia Science Technology & Economy, 2013(6): 82-83.
- 虎海防,王静,刘凤兰,等.果胶酶制取海棠果汁的优化工艺研究[J].新疆农业科学,2013,50(9):1662-1667.
HU Haifang, WANG Jing, LIU Fenglan, et al. The research on optimized process of producing crabapple juice with pectinase [J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2013, 50(9): 1662-1667.
- 李委红,刘会平,田丽元,等.不同乳化盐对再制干酪的影响及其复配优化[J].乳业科学与技术,2018,41(3):19-24.
LI Weihong, LIU Huiping, TIAN Liyuan, et al. Effect of different emulsifying salts on processed cheese and optimization of their combination [J]. Journal of Dairy Science and Technology, 2018, 41(3): 19-24.
- 王童,逢晓阳,芦晶,等.响应面法优化红曲奶酪加工工艺[J].中国乳品工业,2019,47(5):21-25,36.
WANG Tong, PANG Xiaoyang, LU Jing, et al. Optimization for the process of red mould cheese by response surface methodology [J]. China Dairy Industry, 2019, 47(5): 21-25, 36.
- 徐振丽,郭孝敬,陈欢,等.响应面法优化茶奶酪发酵工艺研究[J].中国调味品,2020,45(1):110-117.
XU Zhenli, GUO Xiaojing, CHEN Huan, et al. Optimization of tea cheese fermentation process by response surface methodology [J]. China Condiment, 2020, 45(1): 110-117.
- 温艳霞,宋国庆.枸杞再制奶酪加工工艺研究[J].农产品加工,2017(1):38-40.
WEN Yanxia, SONG Guoqing. Study on production technology of Lycium processed cheese [J]. Farm Products Processing, 2017(1): 38-40.
- BASHIR O, HUSSAIN S Z, GANI G, et al. Evaluating the physico-chemical and antioxidant characteristics of apricot juice prepared through pectinase enzyme-assisted extraction from Halman variety [J]. Journal of Food Measurement and Characterization, 2021, 15(3): 2645-2658.
- 王鹏,关乐颖,赵茂臻,等.牛肉蜂蜜活力奶酪加工工艺及配方的研究[J].食品工业科技,2017,38(7):207-210,215.
WANG Peng, GUAN Leying, ZHAO Maozhen, et al. Research of the processing technology and formula of beef-honey dynamic cheese [J]. Science and Technology of Food Industry, 2017, 38(7): 207-210, 215.
- 史博瑞,李金铭,王婧,等.榛仁再制干酪配方及加工工艺[J].食品工业,2019,40(7):136-142.
SHI Borui, LI Jinming, WANG Jing, et al. Processing technology

- and formula of hazelnut cheese[J]. The Food Industry, 2019, 40(7): 136-142.
- [17] 张东亚, 王静, 刘凤兰, 等. 果胶酶澄清高酸海棠果汁工艺研究[J]. 食品工业, 2014, 35(1): 62-65.
ZHANG Dongya, WANG Jing, LIU Fenglan, et al. The research of optimized process on producing crabapples juice with pectinase[J]. The Food Industry, 2014, 35(1): 62-65.
- [18] 孙旗. 胡萝卜-芒果果蔬泥复合再制干酪的研制[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2019.
SUN Qi. Development of carrot-mango fruit and vegetable mud processed cheese[D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2019.
- [19] 中华人民共和国卫生部. 食品安全国家标准 再制干酪: GB 25192—2010[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
Ministry of Health of the People's Republic of China. National food safety standard Process(ed)cheese: GB 25192—2010[S]. Beijing: Standards Press of China, 2010.
- [20] 陈振昊, 白羽嘉, 韩海霞, 等. 果胶酶澄清香梨汁的工艺优化[J]. 食品工业, 2021, 42(1): 125-129.
- CHEN Zhenhao, BAI Yujia, HAN Haixia, et al. Optimization the technology of fragrant pear juice clarification by the pectinase[J]. The Food Industry, 2021, 42(1): 125-129.
- [21] 余森艳, 张叔枝, 朱倩. 海棠果酶法提汁工艺的优化研究[J]. 现代农业科技, 2013(3): 323-324.
YU Senyan, ZHANG Shuzhi, ZHU Qian. Research on the technology optimization of extracting crab apple juice by enzyme method[J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2013(3): 323-324.
- [22] 霍建新, 白彩艳, 马晓丽, 等. 再制干酪工艺条件的优化[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(8): 144-152.
HUO Jianxin, BAI Caiyan, MA Xiaoli, et al. Optimization of the manufacture conditions for the preparing cheese[J]. Food Research and Development, 2019, 40(8): 144-152.

加工编辑: 孟琬星
收稿日期: 2021-03-31