

DOI: 10.13652/j.spjx.1003.5788.2022.60018

复合增稠剂对红枣芦荟低糖果酱品质的影响

Effect of compound thickener on the quality of red jujube
and aloe low-sugar jam

林志荣

LIN Zhi-rong

(中华全国供销合作总社管理干部学院, 北京 100032)

(Management Academy of China Cooperative, Beijing 100032, China)

摘要:目的:解决红枣芦荟低糖果酱黏稠性差、水分易析出等问题。方法:以 CMC-Na 和琼脂为增稠剂,研究复合增稠剂在不同保藏时间下对红枣芦荟低糖果酱质构性质和感官品质的影响,并通过正交试验和流变性检测优化了果酱配方。结果:复合增稠剂中 CMC-Na 和琼脂配比($m_{\text{CMC-Na}} : m_{\text{琼脂}}$)为 7 : 3 时,新鲜果酱和保藏 90 d 果酱的硬度和黏度无明显差异,且果酱细腻均匀,组织缓慢流动,无汁液析出,无板结;果酱最优工艺参数:红枣浆和芦荟浆配比($V_{\text{红枣浆}} : V_{\text{芦荟浆}}$)为 5 : 5,白砂糖添加量 18%,复合增稠剂添加量为 0.4%;研制得到的果酱为假塑性流体,口感风味俱佳,感官评分 90;对果酱进行理化检测,其保水性能达到 $(51.31 \pm 1.23)\%$,可溶性固形物含量为 $(25.20 \pm 0.82)\%$ 。结论:复合增稠剂($m_{\text{CMC-Na}} : m_{\text{琼脂}} = 7 : 3$)能显著改善红枣芦荟低糖果酱黏稠性差、水分易析出等问题,果酱品质较好。

关键词:红枣;芦荟;低糖果酱;复合增稠剂;稳定性;流变性

Abstract: Objective: This study aimed to solve the poor viscosity of red jujube and aloe low-sugar jam. **Methods:** Using CMC-Na and AGAR as thickeners, the effects of compound thickeners on texture properties and sensory quality of red jujube and aloe low-sugar jam under different storage time were investigated. The technological parameters of jam were optimized by orthogonal test and rheological test. **Results:** When the ratio of CMC-Na and AGAR in the compound thickener was 7 : 3, no significant difference in hardness and viscosity were found between fresh jam and preserved 90 d jam, and the jam was delicate and uniform, with slow tissue flow, no juice precipitation and no hardening. The jam optimal processing parameters were as follows: the vol-

ume ratio of red jujube pulp to aloe pulp was 5 : 5, and the content of sugar and compound thickener was 18% and 0.4%, respectively. The developed jam was pseudoplastic fluid, which was excellent in taste and flavor, with a sensory score of 90. By physical and chemical testing, the water retention performance reached $(51.31 \pm 1.23)\%$, and the soluble solid content was $(25.2 \pm 0.82)\%$. **Conclusion:** The compound thickener ($m_{\text{CMC-Na}} : m_{\text{AGAR}} = 7 : 3$) can significantly improve the poor viscosity and easy water precipitation of the red jujube and aloe low-sugar jam. The jam was good quality.

Keywords: red jujube; aloe; low-sugar jam; compound thickeners; stability; rheological properties

目前中国市场上的果酱大多采用单一果蔬制成,风味单调且过于甜腻(含糖量高,通常在 60%~65%),长期食用不利于人体健康。低糖复合果酱含糖量在 25%~45%,具有低糖低热量的特点,且低糖酱体中水分所受到的约束力小,熬煮时间缩短,因此营养和香气保存较好,深受消费者的青睐^[1]。随着果酱深加工行业的不断发展,开发低糖型、多风味、高营养的果酱是国内外果酱消费市场共同的发展趋势。

芦荟含有蒽醌类衍生物、芦荟多糖、芦荟酐和有机酸等成分,具有抗病毒、增强免疫力、调节血糖等药理作用^[2]。研究^[3-4]表明,芦荟大黄素可通过线粒体死亡途径诱导多种肿瘤细胞凋亡。目前,芦荟在食品行业中主要用于乳制品、饮料和果冻,用于果酱深加工鲜有报道。

红枣营养价值高,被《黄帝内经》列为最具有价值的“五果”之一,其含有丰富的多糖、多酚、有机酸和皂苷等活性成分,具有抗炎、抗肿瘤、降血脂、保护肝脏、增强免疫力等多种功效^[5-6]。耿楠等^[7]选用红枣和山楂为原料研制低糖果酱,马雪玲等^[8]用红枣、山楂和南瓜制作低糖果酱,这些果酱口感细腻,营养丰富,果香浓郁,但由于含糖量低难以形成高甲氧基果胶,普遍存在酱体凝胶性差、易析水等问题,不利于后期的贮藏和销售。

基金项目:茂名市科技计划项目(编号:21105125)

作者简介:林志荣(1979—),女,中华全国供销合作总社管理干部学院讲师,博士。E-mail:373180032@qq.com

收稿日期:2022-02-05 改回日期:2022-05-06

研究拟以红枣和芦荟鲜叶为主要原料制备红枣芦荟低糖果酱,选用 CMC-Na 和琼脂为复合增稠剂,研究复合增稠剂在不同保藏时间下对红枣芦荟低糖果酱质构性质和感官品质的影响,并通过正交试验和流变性检测优化果酱配方,以期对红枣芦荟低糖复合果酱工业化生产提供理论指导。

1 材料和方法

1.1 材料和试剂

干红枣、中国芦荟叶、白砂糖:市售;

CMC-Na、琼脂、海藻酸钠、抗坏血酸:食品级,上海中光化学有限公司。

1.2 仪器与设备

打浆机:JYL-B500 型,九阳股份有限公司;

数显恒温水浴锅:HH-6 型,江苏科析仪器有限公司;

糖度计:RHB32 型,山东恒美电子科技有限公司;

色差仪:RS-232C 型,柯尼卡美能达公司;

流变仪:AR1000 型,英国 TA 公司;

旋转蒸发仪:RE-52A 型,上海亚荣生化仪器厂;

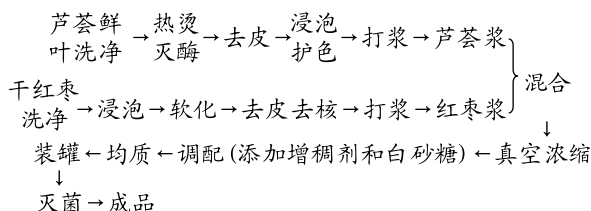
黏度计:NDJ-8S 数字式,维德(宁波)仪器有限公司;

真空干燥箱:DZF-6020 型,上海博迅实业有限公司;

电烤箱:MG38MD-ADRF 型,美的集团股份有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 工艺流程



1.3.2 操作要点

(1) 芦荟浆制备:将芦荟鲜叶洗净,沸水热烫 5 min,去皮,果肉切块,按料液比 1:2 (g/mL) 添加 0.2% 抗坏血酸溶液,打浆 3 min,得到芦荟浆液^[9]。

(2) 红枣浆制备:将红枣洗净,清水浸泡 8~12 h,使红枣吸水膨胀。在 100 °C 蒸汽中软化 15 min,去皮去核,按料水比 1:2 (g/mL) 打浆 3 min,得到红枣浆液。

(3) 增稠剂调配:将增稠剂和少量白砂糖混匀溶于 70 °C 的热水中,备用。

(4) 红枣芦荟果酱制备:红枣浆和芦荟浆按比例混合均匀,真空浓缩(真空度 85~95 kPa,温度 40~50 °C)至固形物含量 30% 以下,再依次添加一定配比的增稠剂溶液和白砂糖,25 MPa 下均质 1 次,降至室温,得到红枣芦荟低糖果酱成品^[10]。

1.3.3 果酱增稠剂的确定

(1) 单一增稠剂的选择:称取 300 g 红枣芦荟混合浆,分别将琼脂、海藻酸钠和 CMC-Na 3 种食品胶添加到

混合浆中作增稠剂,根据黏度、凝胶强度和感官评分值选择较为适宜的两种食品胶作为复合增稠剂^[11-12]。

(2) 复合增稠剂配比确定:选择 CMC-Na 和琼脂 2 种胶体作复合增稠剂,称取 300 g 红枣芦荟混合浆,分别添加不同配比的复合增稠剂,根据黏度、凝胶强度和感官评分值选择 CMC-Na 和琼脂合适配比。

1.3.4 果酱配方正交试验设计 在单因素试验的基础上,选取红枣浆和芦荟浆配比、白砂糖添加量和复合增稠剂($m_{\text{CMC-Na}} : m_{\text{琼脂}} = 7 : 3$)添加量为影响红枣芦荟低糖果酱品质的主要因素,采用 $L_9(3^4)$ 进行正交试验,通过感官评分值选出最佳配方。正交试验因素与水平见表 1。

表 1 果酱配方优化正交试验因素与水平

Table 1 Factors and levels of orthogonal experiment of jam formula optimization

水平	A 红枣浆与芦荟浆 配比($V_{\text{红枣浆}} : V_{\text{芦荟浆}}$)	B 白砂糖 添加量/%	C 复合增稠剂 添加量/%
1	5 : 5	12	0.4
2	6 : 4	18	0.5
3	7 : 3	24	0.6

1.3.5 黏度测定 使用 NDJ-8S 数字式黏度计测定。保持样品温度在 20 °C 左右,转速为 12 r/min,测定时间为 5 min。

1.3.6 果酱质构测定 果酱的质构仪测定模式设定为凝胶模式,测定添加不同种类和浓度增稠剂的果酱凝胶强度值。测定条件:选用 P 0.5 型探头,测前速度 2 mm/s,测试速度 2 mm/s,触发力 Auto-0.049 N,探头下压距离 10 mm。

1.3.7 果酱流变性测定 挑选复合增稠剂优化试验组中感官评分较高的 5 组样品进行流变性质检测。平板间距 1 mm,剪切速率 0~200 s^{-1} ,测定 25 °C 下果酱的黏度与剪切应力随剪切速率的变化曲线,采用 Herschel-Bulkley 方程[式(1)]对剪切应力随剪切速率变化的流变曲线进行模型拟合^[13-16]。

$$\tau = K\gamma^n + \tau_0, \quad (1)$$

式中:

τ ——剪切应力,Pa;

τ_0 ——屈服应力,Pa;

K ——稠度系数,Pa·sⁿ;

γ ——剪切速率, s^{-1} ;

n ——流动特征指数。

1.3.8 感官评价 随机挑选 10 位经过培训的食品专业人员,从果酱的组织状态、色泽、口感和味道 4 个方面进行评分,结果取平均值。评分标准如表 2 所示。

1.4 理化指标检测

1.4.1 保水性 准确称取红枣芦荟低糖果酱成品 10~

表 2 红枣芦荟果酱感官评分标准

Table 2 The standards of sensory score evaluation on red jujube and aloe jam

项目	感官评分标准	评分
口感 (30分)	口感爽滑、润滑细腻、黏稠	24~30
	口感较润滑细腻,较黏稠	18~23
	口感粗糙、黏稠感差	<17
色泽 (10分)	棕红色,色泽鲜亮,颜色均匀	8~10
	棕红色,色泽一般,颜色较均匀	5~7
	棕红色,色泽暗淡,颜色不均匀	<4
味道 (30分)	酸甜适宜,果味浓郁协调,无异味	24~30
	酸甜适宜,果味清淡	18~23
	过酸或过甜,或有轻微苦涩,略有果味或果香不协调	<17
组织状态 (30分)	细腻均匀,缓慢流散,无汁液析出	24~30
	细腻均匀,中速流散,无汁液析出	18~23
	细腻均匀,快速流散,有汁液析出	<17

15 g,置于真空干燥箱中,约 30 °C 放置 4 h 后称重^[17]。按式(2)计算果酱保水性。

$$H_{wc} = \frac{G_1 - G_2}{G_3} \times 100\%, \quad (2)$$

式中:

H_{wc} ——果酱保水性, %;

G_1 ——果酱真空放置后质量, g;

G_2 ——果酱烘箱干燥后质量, g;

G_3 ——果酱样品质量, g。

1.4.2 脱水收缩率 选用直径为 60 mm 的饼干,将果酱均匀地涂在饼干表面,果酱直径为 40 mm,厚度为 10 mm,烤箱温度约为 170 °C,一般选择烤箱中间的位置进行高温加热。相对焙烤稳定性(B_{RS})和相对形成稳定性(F_{RS})由加热后果酱的内径和外径测得。

$$B_{RS} = \left(1 - \frac{x - 40}{70}\right) \times 100\%, \quad (3)$$

$$F_{RS} = \left(1 - \frac{y - 40}{70}\right) \times 100\%, \quad (4)$$

$$S_D = F_{RS} - B_{RS}, \quad (5)$$

式中:

B_{RS} ——相对焙烤稳定性, %;

F_{RS} ——相对形成稳定性, %;

x ——高温加热后果酱的外径, mm;

y ——高温加热后果酱的内径, mm;

S_D ——脱水收缩率, %。

当 $B_{RS} < F_{RS}$ 时,果酱会有脱水收缩的现象,对果酱的定型有一定的帮助,一般脱水收缩率在 5% 以内是允许的^[18-19]。

1.4.3 色差 取一定量果酱于透明平板上,将果酱均匀

铺平,进行测定时,先进行白板校正,再用黑板校正,对果酱不同位置进行测定,并记录果酱亮度 L^* 的变化, + 表示偏亮, - 表示偏暗^[20-21]。

1.4.4 可溶性固形物含量 按 GB/T 10786—2006《罐头食品的检验方法》执行。

1.5 数据处理

采用 Origin 8.1 软件进行数据分析,计算标准误差并制图,试验数据以 3 次重复的“均值 ± 标准差”表示。通过正交助手 II V 3.1 软件对果酱配方进行优化。

2 结果与分析

2.1 增稠剂的筛选试验

2.1.1 单一增稠剂对低糖果酱的影响 由表 3 可知, CMC-Na、海藻酸钠和琼脂 3 种增稠剂对红枣芦荟低糖果酱的凝胶强度、黏度和感官评价价值都有较大的影响。CMC-Na 添加量增加,果酱黏度逐渐上升,试验发现当黏度值为 20~23 Pa·s 时,果酱易于涂抹,感官评价价值较高。CMC-Na 的添加使得分子间的缠结作用增强,体系更加稳定,但果酱凝胶性一般,当 CMC-Na 添加量为 0.2%~0.3% 时,红枣芦荟果酱涂抹性好,但凝胶效果较差,酱体易流散;当 CMC-Na 添加量为 0.4%~0.5% 时,果酱仍存在轻微流散现象,形成的凝胶稳定性不强。琼脂常用于食品中作为胶凝剂、增稠剂,增加食品黏度,赋予食品黏滑而富有弹性的口感。添加琼脂后,红枣芦荟果酱的凝胶强度和黏度均明显提高,析水量减少,但是感官评价价值先增加后降低,主要是由于琼脂用量加大后,果酱的凝胶硬度明显增加,呈现板结状况,流动性差,较难

表 3 增稠剂种类和添加量对果酱性质的影响

Table 3 The effect of thickening agents variety and the addition on sensory evaluating and texture properties

亲水胶体	添加量/ %	黏度/ (Pa·s)	凝胶强度/ (g·cm ⁻²)	感官评价
空白对照	0.0	6.30	12.65	55.63
	0.2	15.32	18.68	59.67
	0.3	18.97	19.41	63.32
	0.4	23.14	21.37	70.41
	0.5	26.78	22.18	80.45
CMC-Na	0.2	11.91	21.56	67.09
	0.3	13.61	31.63	73.68
	0.4	15.32	40.61	61.92
	0.5	17.67	51.22	50.45
	0.3	14.30	15.32	57.64
琼脂	0.4	16.85	18.91	60.56
	0.5	17.37	20.11	64.97
	0.6	19.56	20.67	67.35

涂抹。海藻酸钠能提高红枣芦荟果酱黏度和凝胶强度,但改善程度并不大,果酱黏度偏低,凝胶效果差,易流散,引起此现象的原因可能是红枣芦荟低糖果酱中可溶性固形物含量较低,使海藻酸钠作为增稠剂不能达到理想的效果。

3 种增稠剂单一使用过程中,海藻酸钠使红枣芦荟低糖果酱的黏度和凝胶强度较低,导致果酱有水分析出,影响了感官品质;CMC-Na 能提高果酱黏度,但维持凝胶性能一般,果酱易流散;琼脂能迅速提高果酱的凝胶强度,但改善果酱黏度效果一般。由此可知,单一增稠剂并不能保证低糖果酱的质构和感官品质,因此,选择 CMC-Na 和琼脂作为复合增稠剂。

2.1.2 复合增稠剂对果酱性质的影响 由表 4 可知,随着添加量增大添加不同配比的复合增稠剂的果酱的凝胶强度和黏度增大; $m_{\text{CMC-Na}} : m_{\text{琼脂}}$ 为 4 : 6 和 5 : 5 时,贮藏 90 d 果酱的凝胶强度比 0 d 时增大,黏度降低,但当 $m_{\text{CMC-Na}} : m_{\text{琼脂}}$ 继续增大到 6 : 4 及以上时,贮藏 90 d 的与 0 d 的果酱相比,其凝胶强度和黏度无显著变化。因此,当 $m_{\text{CMC-Na}} : m_{\text{琼脂}}$ 达到 6 : 4 及以上时,果酱在保存过程中,其质构性质保持稳定。

由表 4 还可知,当 $m_{\text{CMC-Na}} : m_{\text{琼脂}}$ 为 4 : 6, 5 : 5, 6 : 4 时,随着增稠剂添加量增大,果酱感官评价价值先增大后减小,但当 $m_{\text{CMC-Na}} : m_{\text{琼脂}}$ 为 7 : 3 时,果酱的感官评价价值稳步增大,说明复合增稠剂对比对果酱的组织状态有重要影响,既解决了低糖果酱凝胶性差,水分易析出问题,同

时也能降低琼脂单一使用时出现的酱体板结。延长贮藏时间, $m_{\text{CMC-Na}} : m_{\text{琼脂}}$ 为 4 : 6 ~ 6 : 4 时,贮藏 90 d 果酱的感官评分比 0 d 时降低; $m_{\text{CMC-Na}} : m_{\text{琼脂}}$ 为 7 : 3 时,果酱感官评价价值略微降低,但不显著,说明果酱在此比例时,组织状态良好,保藏时间长。

综上所述,在 90 d 的贮藏期内,复合增稠剂可以保持果酱的凝胶强度、黏度和感官评价价值,且在 $m_{\text{CMC-Na}} : m_{\text{琼脂}}$ 为 7 : 3 时,贮藏 30 d 和 90 d 的果酱凝胶强度、黏度以及感官评价价值与新鲜果酱相比无明显差异,所以,确定 $m_{\text{CMC-Na}} : m_{\text{琼脂}} = 7 : 3$ 为最优复合增稠剂配比。

2.2 红枣芦荟低糖果酱配方优化

2.2.1 正交试验优化 在单因素基础上,以感官综合评价为指标,选取红枣浆和芦荟浆体积比、白砂糖添加量和复合增稠剂 ($m_{\text{CMC-Na}} : m_{\text{琼脂}} = 7 : 3$) 添加量为影响红枣芦荟低糖果酱品质的主要因素,采用 $L_9(3^4)$ 进行正交试验,试验结果与分析见表 5。

由表 5 可知,影响感官评价因素大小顺序为 $A > B > C$, 最优组合为 $A_1 B_2 C_1$ 。在此条件下,做 3 次平行验证实验,感官评分值为 90 分,说明此配方最佳,即红枣浆和芦荟浆配比 ($V_{\text{红枣浆}} : V_{\text{芦荟浆}}$) 为 5 : 5,白砂糖添加量为 18%,复合增稠剂添加量为 0.4%。

2.2.2 流变性研究 挑选红枣芦荟低糖果酱正交优化试验组中感官评分较高的样品 1、2、3、8 和最佳样(即添加最佳增稠剂 $A_1 B_2 C_1$ 的样品)进行流变性质检测。由图 1 可知,5 组复配增稠剂体系表观黏度随剪切速率的增加而

表 4 复合增稠剂配比和储藏时间对果酱质构和感官的影响

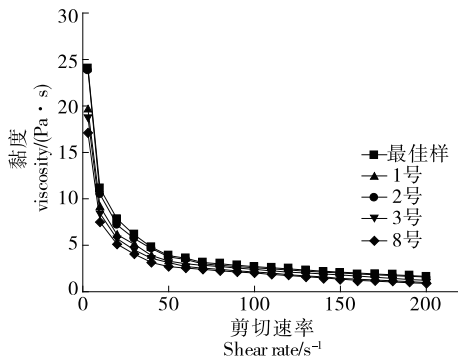
Table 4 The effect of composite thickening agents ratio and storage time on texture and sensory properties

复合增稠剂配比 ($m_{\text{CMC-Na}} : m_{\text{琼脂}}$)	添加量/ %	凝胶强度/($\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$)			黏度/($\text{Pa} \cdot \text{s}$)			感官评分		
		0 d	30 d	90 d	0 d	30 d	90 d	0 d	30 d	90 d
空白对照	0.0	12.65	7.21	4.37	6.30	5.34	3.06	55.36	46.28	33.69
	0.2	19.31	19.33	19.45	12.37	12.30	12.14	76.23	75.50	72.82
	0.3	26.56	26.54	26.70	15.27	15.23	15.01	70.17	69.92	67.93
	0.4	34.62	34.79	34.85	18.32	18.22	18.07	67.51	67.07	65.20
	0.5	39.12	39.20	39.43	20.45	20.36	20.19	63.67	63.55	61.15
4 : 6	0.2	17.04	17.02	17.17	14.02	14.04	13.84	72.09	71.83	70.33
	0.3	23.12	23.14	23.25	17.94	17.88	17.80	74.35	73.96	72.18
	0.4	28.43	28.50	28.61	20.58	20.60	20.47	77.62	77.44	75.03
5 : 5	0.5	33.96	34.05	34.18	22.71	22.70	22.59	70.43	70.12	68.24
	0.2	16.56	16.60	16.62	15.83	15.80	15.76	75.20	75.04	73.93
	0.3	21.20	21.15	21.22	19.67	19.69	19.61	77.34	77.39	76.03
6 : 4	0.4	26.05	26.04	26.05	22.25	22.24	22.22	80.70	80.64	79.25
	0.5	29.13	29.15	29.12	24.19	24.20	24.17	72.55	72.51	71.36
	0.2	15.54	15.55	15.58	16.68	16.67	16.70	80.49	80.32	80.06
7 : 3	0.3	19.81	19.80	19.84	20.07	20.05	20.10	82.38	82.24	81.93
	0.4	24.16	24.11	24.17	23.06	23.07	23.04	84.19	84.08	83.77
	0.5	26.32	26.31	26.35	26.33	26.30	26.28	85.80	85.75	85.53

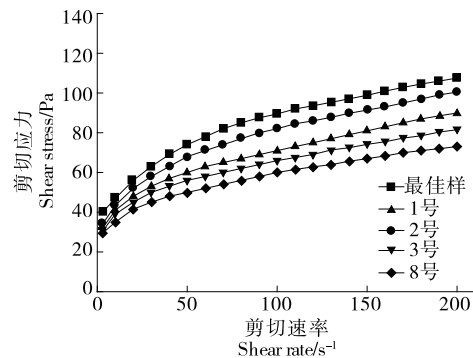
降低,表现为非牛顿流体的剪切稀化行为,此类流体在受到咀嚼剪切作用时,黏度降低,在咽下的过程中不会产生黏腻感,且有清爽的口感。果酱的黏稠度随剪切速率增加而降低,是因为随着剪切速率的增大,胶体分子间在剪切场中逐渐解缠并取向所致。

利用 Herschel-Bulkley 模型对果酱剪切应力—剪切速率的数据点进行回归拟合(表 6)。结果表明,Herschel-Bulkley 模型可以很好地拟合果酱的流动曲线,其中 $R^2 > 0.99$,5 组增稠剂体系的流动指数 $0 < n < 1$,曲线上凸,25 °C 下均为非牛顿假塑性流体。由于 CMC-Na 和琼脂的存在,形成了巨大链状分子构成的高分子胶体粒子,在低速或静止时,它们相互缠结,黏度较大,故而显得黏稠。当流速变大时,这些比较散乱的链状粒子因为受到流层之间剪切力的作用,分子链逐渐解缠并取向,于是表现为剪切稀化现象。

流动指数 n 值偏离 1 越远,剪切稀化程度越大,在食



(a) 黏度—剪切速率



(b) 剪切应力—剪切速率

图 1 25 °C 红枣芦荟果酱的剪切速率与黏度、剪切力的流变曲线

Figure 1 Rheological curve of shear rate, viscosity and shear stress of red jujube and aloe jam at 25 °C

表 6 果酱流体类型 Herschel-Bulkley 方程拟合参数

Table 6 Fitting parameters of Herschel-Bulkley equation for fluid type of jam

样品编号	τ_0/Pa	n	$K/(\text{Pa} \cdot \text{s})$	R^2
样品 1	21.204	0.415	7.520	0.997
样品 2	12.065	0.337	14.751	0.999
样品 3	18.501	0.377	8.458	0.998
样品 8	20.313	0.412	5.924	0.999
最佳样	14.606	0.331	16.101	0.996

品加工中,剪切稀化现象有利于流体食品的输送,从而降低机器运作过程中机械能损失,降低能耗。流体稠度 K

表 5 果酱配方优化正交试验结果与分析

Table 5 Results and analysis of orthogonal experiment for jam formula optimization

试验号	A	B	C	感官评分
1	1	1	1	87
2	1	2	2	89
3	1	3	3	85
4	2	1	2	78
5	2	2	3	81
6	2	3	1	80
7	3	1	3	78
8	3	2	1	83
9	3	3	2	79
k_1	87.0	81.0	83.3	
k_2	79.7	84.3	82.0	
k_3	80.0	81.3	81.3	
R	7.3	3.3	2.0	

值越大,黏稠度就越大,黏稠性较大的果酱体系,流动性和触变面积较小,有助于形成相对稳定的结构。由表 6 可知,5 组增稠剂体系中最佳样的剪切稀化程度和黏度都是最大的,该体系结构较为稳定,生产耗能也较低。

2.3 产品质量指标

2.3.1 感官指标 红枣芦荟低糖果酱呈棕红色,颜色鲜亮,滋味甜中略带苦,兼有鲜芦荟和红枣风味;酱体均匀细腻,凝胶性好,无分层析水现象。

2.3.2 理化指标 试验制得的红枣芦荟低糖果酱理化指标与市面上的番茄果酱进行对比,结果见表 7。

果酱的保水性是评价果酱质量的一个比较重要的因素,如果果酱的保水性太差,水分容易散发,果酱萎缩、塌

表 7 对照试验结果

Table 7 The contrast test results ($n=3$)

果酱种类	保水性/%	可溶性固形物/%	色差 L^* 值	脱水收缩率/%
番茄果酱	35.60 ± 0.99	33.54 ± 1.34	65.32 ± 1.02	3.65 ± 0.39
红枣芦荟低糖果酱	46.28 ± 1.15	25.20 ± 0.82	52.67 ± 0.96	2.06 ± 0.07

陷。由表 7 可知,红枣芦荟低糖果酱在保水性和脱水收缩率方面相比市面上的番茄果酱更具优势,但是在色泽方面稍显劣势,果酱褐变程度比市面上的番茄果酱高,主要是芦荟在去皮、切块或打浆的过程中蒽醌和多酚类物质极易发生褐变反应,影响产品色泽。同时由于红枣芦荟果酱属于低糖果酱,其可溶性固形物含量较低,为 $(25.20 \pm 0.82)\%$,是一款健康、绿色、营养美味的低糖果酱。

3 结论

探讨了复合增稠剂对红枣芦荟低糖果酱稳定性的影响,结果表明复合增稠剂中 CMC-Na 和琼脂配比($m_{\text{CMC-Na}} : m_{\text{琼脂}}$)为 7:3 时,新鲜果酱和保藏 90 d 果酱的硬度和黏度无明显差异,且果酱细腻均匀,组织缓慢流动,无汁液析出,无板结;果酱最优工艺参数:红枣浆和芦荟浆配比($V_{\text{红枣浆}} : V_{\text{芦荟浆}}$)为 5:5,白砂糖添加量 18%,复合增稠剂添加量 0.4%。对果酱进行理化检测,其保水性能达到 $(51.31 \pm 1.23)\%$,可溶性固形物含量为 $(25.20 \pm 0.82)\%$ 。研制得到的果酱为假塑性流体,口感风味俱佳,感官评分 90。

但低糖果酱在含糖量较低的情况下,贮藏期较短,长期贮藏过程中易出现变质分层,后续将对红枣芦荟低糖果酱的贮藏稳定性开展相关研究。

参考文献

[1] 赵思佳,高畅,于泽,等.低糖果酱的研究进展[J].食品工业,2019,40(12):264-267.
ZHAO S J, GAO C, YU Z, et al. Research progress on low sugar jam[J]. The Food Industry, 2019, 40(12): 264-267.

[2] 张亚强,孙振红.芦荟提取物抗病毒作用的研究进展[J].中国中西医结合影像学杂志,2019,17(4):432-435.
ZHANG Y Q, SUN Z H. Research progress on antiviral effect of aloe extract[J]. Chinese Imaging Journal of Integrated Traditional and Western Medicine, 2019, 17(4): 432-435.

[3] CHENG C S, DONG W G. Aloe-emodin induces endoplasmic reticulum stress-dependent apoptosis in colorectal cancer cells [J]. Medical Science Monitor, 2018, 24: 6 331-6 339.

[4] BYUN E B, KIM H M, SUNG N Y, et al. Gamma irradiation of aloe-emodin induced structural modification and apoptosis through a ROS and caspase-dependent mitochondrial pathway in stomach tumor cells[J]. International Journal of Radiation Biology, 2018, 94(4): 403-416.

[5] ABDOL-AZIZE S. Potential benefits of jujube (*Zizyphus lotus* L.) bioactive compounds for nutrition and health[J]. Journal of Nutrition and Metabolism, 2016, 12(8): 1-13.

[6] CHEN J P, DU C Y Q, LAM K Y C, et al. The standardized extract of *Zizyphus jujuba* fruit (jujube) regulates pro-inflammatory cytokine expression in cultured murine macrophages: Suppression of lipopolysaccharide-stimulated NF- κ B activity[J]. Phytotherapy Re-

search, 2014, 28(10): 1 527-1 532.

[7] 耿楠,卢伟,陆宁.低糖山楂-红枣复合果酱配方研究[J].包装与食品机械,2018,36(2):20-24.
GENG N, LU W, LU N. Research on the formula of low sugar haw and red jujube compound jam[J]. Packaging and Food Machinery, 2018, 36(2): 20-24.

[8] 马雪玲,圣明月.南瓜山楂红枣复合果酱的研制[J].食品安全导刊,2021(14):57-59.
MA X L, SHENG M Y. Development of pumpkin, hawthorn and red jujube compound jam[J]. China Food Safety, 2021(14): 57-59.

[9] 刘云宏,易军鹏,张仲欣,等.芦荟菠萝复合饮料的研制[J].食品工业科技,2005,26(5):115-117.
LIU Y H, YI J P, ZHANG Z X, et al. Development of aloe and pineapple compound beverage[J]. Science and Technology of Food Industry, 2005, 26(5): 115-117.

[10] 陈诗晴,王征征,姚思敏,等.不同杀菌方式对贮藏过程中猕猴桃低糖果酱品质的影响[J].食品工业科技,2018,39(5):53-58.
CHEN S Q, WANG Z Z, YAO S M W, et al. Effect of sterilization methods on quality of kiwi low sugar compound jam during storage[J]. Science and Technology of Food Industry, 2018, 39(5): 53-58.

[11] 李晓静,韩宗元,闫思凡,等.复合增稠剂和护色剂对低糖树莓果酱品质影响[J].食品工业科技,2017,38(9):228-234.
LI X J, HAN Z Y, YAN S F, et al. Effect of composite thickening agent and color protection agent on the quality of low sugar raspberry jam[J]. Science and Technology of Food Industry, 2017, 38(9): 228-234.

[12] 郭洁丽,陆胜民,邢建荣,等.大米饮料的稳定性研究[J].食品与机械,2015,24(1):29-31.
GUO J L, LU S M, XING J R, et al. Study on stability of rice beverage[J]. Food & Machinery, 2015, 24(1): 29-31.

[13] KHAN N M, MU T H, ZHANG M, et al. The effects of pH and high hydrostatic pressure on the physicochemical properties of a sweet potato protein emulsion[J]. Food Hydrocolloids, 2014, 35: 209-216.

[14] 牛海佳,刘爱国,刘立增,等.刺云实胶与黄原胶复配体系结构及流变研究[J].食品与机械,2019,35(11):34-40,158.
NIU H J, LIU A G, LIU L Z, et al. Texture and rheological properties of compound system of tara gum and xanthan gum[J]. Food & Machinery, 2019, 35(11): 34-40, 158.

[15] 刘希涛.焙烤型复合荔枝果酱加工工艺研究[D].广州:华南理工大学,2016:19-26.
LIU X T. Study on the processing of baking composite litchi jam[D]. Guangzhou: South China Agricultural University, 2016: 19-26.

[16] 张佳艳,熊建文,崔娜,等.交联淀粉对甘薯浊汁饮料稳定性的影响[J].食品与机械,2020,36(2):187-192.
ZHANG J Y, XIONG J W, CUI N, et al. Effect of cross-linked starch on the stability of sweet potato turbid juice beverage[J]. Food & Machinery, 2020, 36(2): 187-192.

(下转第 221 页)

- [42] 刘波, 孟辉. 微波消解—氢化物发生原子荧光法测定保健食品中的硒含量[J]. 湖北农业科学, 2008, 47(2): 223-225.
LIU B, MENG H. Determination of selenium in healthy food by hydride generation-atomic fluorescence spectrometry method[J]. Hubei Agricultural Sciences, 2008, 47(2): 223-225.
- [43] 高冬芳, 张逸波, 凌钦婕, 等. 富硒螺旋藻多肽对血管紧张素转化酶的抑制作用[J]. 食品科学, 2011, 32(7): 7-10.
GAO D F, ZHANG Y B, LING Q J, et al. Angiotensin convert enzyme inhibition of peptides derived from water soluble total protein of selenium-enriched *Spirulina platensis*[J]. Food Science, 2011, 32(7): 7-10.
- [44] 王韵, 蔡智辉, 张逸波, 等. 富硒螺旋藻蛋白水解多肽的制备及其对 ACE 活性的抑制作用[J]. 现代食品科技, 2013, 29(7): 1 574-1 579.
WANG Y, CAI Z Z, ZHANG Y B, et al. Preparation of polypeptides by hydrolysis of selenium-enriched *Spirulina* protein and their inhibitory activity for angiotensin-converting enzyme [J]. Modern Food Science and Technology, 2013, 29(7): 1 574-1 579.
- [45] HWANG J S. Impact of processing on stability of angiotensin I-converting enzyme (ACE) inhibitory peptides obtained from tuna cooking juice [J]. Food Research International, 2010, 43 (3): 902-906.
- [46] 王珊珊. 鲤鱼肌肉 ACE 抑制肽制备及稳定性的研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2017: 34-44.
WANG S S. Study on preparation and stability of ACE inhibitory peptide from common carp mussel[D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2017: 34-44.
- [47] 蒋将, 朱波, 刘元法, 等. 脱酚和碱处理对豌豆分离蛋白基本性质的影响[J]. 食品科学, 2013, 34(23): 1-5.
JIANG J, ZHU B, LIU Y F, et al. Functional properties of pea protein isolate subjected to phenol removal and alkali treatment[J]. Food Science, 2013, 34(23): 1-5.
- [48] ANTONIO J, MANUEL A, JAVIER V, et al. Health-promoting activities of ultra-filtered okara protein hydrolysates released by in vitro gastrointestinal digestion: Identification of active peptide from soybean lipoxygenase[J]. European Food Research and Technology, 2010, 230(4): 655-663.
- [49] 罗鹏, 张晓伟, 徐晓, 等. 葵花籽 ACE 抑制肽的稳定性研究[J]. 粮食与油脂, 2016, 29(1): 75-77.
LUO P, ZHANG X W, XU X, et al. Stability of angiotensin-I-converting enzyme inhibitory peptides (ACEIPs) derived from sunflower seeds protein[J]. Cereals & Oils, 2016, 29(1): 75-77.
-
- (上接第 143 页)
- [22] GAARDER M Ø, BAHUAUD D, VEISETH K E, et al. Relevance of calpain and calpastatin activity for texture in super-chilled and ice-stored Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fillets[J]. Food Chemistry, 2012, 132(1): 9-17.
- [23] DONG C H, WANG B, LI F F, et al. Effects of edible chitosan coating on Harbin red sausage storage stability at room temperature[J]. Meat Science, 2020, 159(5): 107919.
- [24] LIU W J, LANIER T C, OSBORNE J A. Capillarity proposed as the predominant mechanism of water and fat stabilization in cooked comminuted meat batters[J]. Meat Science, 2016, 111: 67-77.
- [25] COFRADES S, CARBALLO J, JIMÉNEZ C F, et al. Heating rate effects on high-fat and low-fat frankfurters with a high content of added water[J]. Meat Science, 1997, 47(1/2): 105-114.
- [26] CARNEIRO C D S, MÁRSICO E T, RIBEIRO R D O R, et al. Low-Field Nuclear Magnetic Resonance (LF-NMR- H^{-1}) to assess the mobility of water during storage of salted fish (*Sardinella Brasiliensis*) [J]. Journal of Food Engineering, 2016, 169: 321-325.
- [27] DU W X, LIN C M, PHU A T, et al. Development of biogenic amines in yellowfin tuna (*Thunnus albacares*): Effect of storage and correlation with decarboxylase-positive bacterial flora [J]. Journal of Food Science, 2002, 67(1): 292-301.
- [28] LI K F, BAO Y L, LUO Y K, et al. Formation of biogenic amines in crucian carp (*carassius auratus*) during storage in ice and at 4 °C [J]. Journal of Food Protection, 2012, 75(12): 2 228-2 233.
-
- (上接第 212 页)
- [17] 黄魏峰, 周雪松, 古川. 变性淀粉对烘焙果酱品质的影响[J]. 现代食品科技, 2009, 25(8): 924-927.
HUANG W F, ZHOU X S, GU C. Effect of modified starch on the quality of heat-resisting fruit jam[J]. Modern Food Science and Technology, 2009, 25(8): 924-927.
- [18] 赵雷, 刘希涛, 杨诗妮, 等. 食品胶对荔枝果酱焙烤特性的影响[J]. 食品工业科技, 2016, 37(15): 265-269.
ZHAO L, LIU X T, YANG S N, et al. Effects of hydrocolloids on the baking properties of the litchi jam[J]. Science and Technology of Food Industry, 2016, 37(15): 265-269.
- [19] 李素芬, 王琴, 胡晖亮, 等. 佛手瓜复配柚子果酱的工艺研究[J]. 中国调味品, 2020, 45(8): 98-104.
LI S F, WANG Q, HU H L, et al. Study on the technology of compound jam with chayote and pomelo[J]. China Condiment, 2020, 45(8): 98-104.
- [20] 郑文雄, 陈燕清, 刘小欣, 等. 无核黄皮果酱的制备及其理化性质研究[J]. 食品质量检测学报, 2021, 12(22): 8 864-8 869.
ZHENG W X, CHEN Y Q, LIU X X, et al. Study on the preparation and physicochemical properties of seedless Huangpi jam[J]. Journal of Food Safety and Quality, 2021, 12(22): 8 864-8 869.
- [21] 张丽华, 李昌文, 纵伟, 等. 猕猴桃果酱制作的研究[J]. 湖北农业科学, 2016, 55(3): 699-702.
ZHANG L H, LI C W, ZONG W, et al. Research on manufacture of kiwifruit jam[J]. Hubei Agricultural Sciences, 2016, 55(3): 699-702.