

谢礼文, 蓝琳舒, 黎冬明, 等. 南酸枣复合凝胶果冻配方优化 [J]. 食品工业科技, 2022, 43(7): 199–205. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2021070337

XIE Liwen, LAN Linshu, LI Dongming, et al. Optimization of the Formula of *Choerospondias axillaris* Compound Gel Jelly[J]. Science and Technology of Food Industry, 2022, 43(7): 199–205. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2021070337

· 工艺技术 ·

南酸枣复合凝胶果冻配方优化

谢礼文¹, 蓝琳舒¹, 黎冬明^{1,2,*}, 肖建辉^{1,2}, 丁 菲², 郭春兰², 吴南生^{2,*}

(1. 江西农业大学食品科学与工程学院, 江西南昌 330045;

2. 江西农业大学南酸枣研究所, 江西南昌 330045)

摘要:以南酸枣、复合胶、白砂糖为主要原料制作南酸枣复合凝胶果冻。在单因素实验的基础上进行正交试验, 并以感官评分、析水率、硬度、弹性和咀嚼性作为质量评估指标。试验结果表明南酸枣复合凝胶果冻的最佳配方为复合胶含量为 1.2% (k-卡拉胶:魔芋胶:刺槐豆胶=3:2:3)、南酸枣果肉浆含量为 10%、白砂糖含量为 10%。在此配方下所得南酸枣复合凝胶果冻色泽乳白、略带橙红, 具有南酸枣独特的风味, 口感细腻, 软硬适中, 其感官评分为 89 分, 析水率为 2.69%、硬度为 3024.156 g、弹性为 0.890 mm、咀嚼性为 1107.223 mJ。

关键词:南酸枣果肉, 凝胶果冻, 配方优化, 质构特性, 析水率

中图分类号:TS255.43

文献标识码: B

文章编号:1002-0306(2022)07-0199-07

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2021070337



本文网刊:

Optimization of the Formula of *Choerospondias axillaris* Compound Gel Jelly

XIE Liwen¹, LAN Linshu¹, LI Dongming^{1,2,*}, XIAO Jianhui^{1,2}, DING Fei², GUO Chunlan², WU Nansheng^{2,*}

(1. College of Food Science and Engineering, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China;

2. *Choerospondias axillaris* Institute, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China)

Abstract: *Choerospondias axillaris* compound gel jelly was made with wild jujube, compound gum and white granulated sugar as the main raw materials. Orthogonal experiments were carried out on the basis of single factor experiments, and sensory score, separated water ratio, hardness, elasticity and chewability were used as quality evaluation indexes. The test results showed that the best formulation of *Choerospondias axillaris* compound gel jelly was: The content of compound glue was 1.2% (k-carrageenan:konjac gum:locust bean gum=3:2:3), the pulp content of *Choerospondias axillaris* was 10%, the content of white granulated sugar was 10%. Under this formula, the *Choerospondias axillaris* compound gel jelly had a milky white color and a slightly reddish orange color. It had the unique flavor of *Choerospondias axillaris*, with delicate taste and soft hardness. The sensory score, separated water ratio, hardness, elasticity and chewability were 89, 2.69%, 3024.156 g, 0.890 mm and 1107.223 mJ, respectively.

Key words: pulp of *Choerospondias axillaris*; gel jelly; formula optimization; textural properties; separated water ratio

南酸枣又名山枣子, 为漆树科南酸枣属落叶乔木, 主要分布在日本、印度及中国^[1]。南酸枣果实营养成分丰富, 果肉中含有多种有机酸和果胶。王召君^[2]运用水提法, 并采用 HPLC 检测, 发现南酸枣中有机酸主要是柠檬酸和苹果酸, 丰富的有机酸不但是南酸枣果实风味的来源之一, 而且能够很好的改善人

体的肠胃功能, 促进肠胃消化吸收。袁敏^[3]采用水提法, 从南酸枣果肉中提取得到 1.31% 的果胶, 果胶可在果冻、果酱、凝胶软糖等食品中用做增稠剂和稳定剂。赵玉英和刘晓庚等^[4-5]对南酸枣鲜果的常规营养成分和化学成分测定表明, 其鲜果皮肉中 18 种氨基酸总量达 26.23~38.54 mg/100 g, 其中人体必需氨

收稿日期: 2021-07-28

作者简介: 谢礼文 (1999-), 男, 硕士研究生, 研究方向: 食品加工与安全, E-mail: 1542885017@qq.com。

* 通信作者: 黎冬明 (1978-), 男, 博士, 副教授, 研究方向: 农产品加工及贮藏工程, E-mail: lidongming@jxau.edu.cn。

吴南生 (1968-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 经济林研究, E-mail: rensh111@126.com。

基酸占氨基酸总量的 33% 以上,南酸枣果实中基本上含有人体所必需的各种矿物营养元素。此外,从果肉中还提取到 34 g/kg 的总酚和 21.26 mg/g 的黄酮^[6],黄酮有抗心律失常的作用,对动物耐缺氧和急性心肌缺血有良好的保护作用,多酚具有抗氧化、抗衰老等作用,南酸枣皂苷对治疗动脉硬化、高血压等症有显著疗效^[5]。因此南酸枣具有良好的食用价值和保健功能。目前利用南酸枣果实研发的产品主要是南酸枣果糕、南酸枣饮料^[7],近年来也有关于南酸枣果酱以及南酸枣软糖产品研发的报道^[8-9]。

果冻是一种西式甜点,是以水、甜味剂和增稠剂等为原料,经溶胶、调配、灌装、杀菌、冷却等工艺加工成的胶冻状食品^[10-12]。其外观晶莹剔透,口感滑润,深受广大消费者喜爱^[13]。果冻加工中使用的食用胶通常不只一种,不同种类胶按照适当比例进行复配,不仅可以增加胶体的硬度、光滑度、咀嚼性、弹性、脆性、内聚性及黏性,也可以提高胶体的适口性和透明度^[14]。果冻加工中常用的有卡拉胶、魔芋胶和刺槐豆胶,其中 k-卡拉胶的凝固性最为优越^[14],魔芋胶含有丰富的羟基,其持水量为魔芋胶本身质量的 30~150 倍,能够赋予食品柔软、滑适的口感,也具有稳定乳化状态和悬浊状态溶液的作用^[15],刺槐豆胶有较好的溶胀性、透明度和增稠性。目前的果冻种类根据内容物的不同分为果味型、果汁型、果肉型、含乳型和其它型果冻。随着食品行业的发展与消费者营养健康观念的增强,休闲食品不仅被要求色香味俱全、安全卫生,还要有一定的营养和保健功能,这也是果冻食品的发展趋势^[16-18],因此果冻产品的未来主流趋向天然化、功能性。质地嫩滑的果冻配合天然果肉的香味构成独特口感,并含有水果的营养成分,目前市场上有菠萝、柑、橘、桃和梨等品种的产品可供消费者选择。

南酸枣果实营养丰富,但其产品研发种类较少。在果冻加工中加入南酸枣果实不仅可以提供天然且充足的酸度、减少复合胶的用量、赋予果冻良好的风味,还极大的增加果冻的营养价值。因此本研究以复合胶,南酸枣果肉浆和白砂糖为主要原料,开发一种南酸枣新型产品,并对各原料含量对果冻产品感官评分和析水率的影响进行研究,寻找最佳配方,以期作为南酸枣果冻产品的开发提供参考。

1 材料与方法

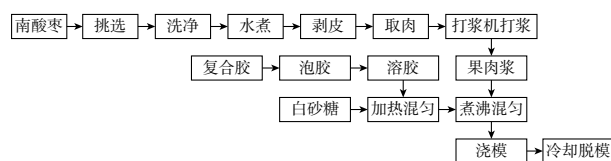
1.1 材料与仪器

南酸枣 崇义县绿之蓝林业有限公司; k-卡拉胶 河南千志商贸公司; 魔芋胶 河南千志商贸公司; 刺槐豆胶 河南千志商贸公司; 白砂糖 市售食品级。

TX2202L 型电子天平 北京赛多利斯仪器系统有限公司; TEE32 型物性测试仪 英国 Stable Micro System Ltd; JYL-C020E 型打浆机 九阳股份有限公司; 电磁炉 元山科技工业股份有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 加工工艺流程



1.2.2 操作要点 将成熟南酸枣放入热水中煮至表皮开裂,剥去枣皮和枣核,取适量果肉于打浆机中,分三次加入与果肉同等质量的水打浆,密封放入冰箱备用。按配方称取白砂糖、南酸枣果肉浆(加入少量水混合均匀)、适量的混合均匀的复合胶(质量比为 3:2:3 的 k-卡拉胶、魔芋胶、刺槐豆胶),加入约复合胶质量 60 倍的水,浸泡使胶体完全吸水溶胀。将泡好的胶,加入剩余的饮用水,在电磁炉上持续加热至胶液无絮状物时,加入白砂糖充分溶化,煮至沸腾时加入南酸枣果肉浆搅拌均匀,至胶体表面清亮,用时不超过 5 min。将加热好的胶体倒入模具中,冷却后取出。

1.2.3 单因素实验 预实验结果表明:在 k-卡拉胶和魔芋胶质量比为 3:2 的情况下,果冻的感官品质最佳,但析水率为 7%;在此基础上,添加刺槐豆胶,能增强胶体的持水性,从而降低果冻的析水率,在 k-卡拉胶、魔芋胶和刺槐豆胶质量比为 3:2:3 的情况下,析水率降到 3% 以下。因此选择复合胶及质量比为 k-卡拉胶:魔芋胶:刺槐豆胶=3:2:3。

因此以果冻的感官评分和析水率作为品质评价依据,以水 100 mL 为基准,在复合胶添加量为 1.2%、南酸枣果肉浆添加量为 15%、白砂糖添加量为 15% 的基础上进行单因素实验,考察不同复合胶添加量(0.6%、0.8%、1.0%、1.2%、1.4%、1.6%)、南酸枣果肉浆添加量(10%、15%、20%、25%、30%)和白砂糖添加量(10%、15%、20%、25%、30%)对果冻品质的影响,确定各因素的最佳值。

1.2.4 正交试验设计 在单因素实验基础上,采用 3 因素 3 水平(见表 1)的正交试验,以果冻的感官评分、析水率测定结果作为依据评价南酸枣复合凝胶果冻的品质,确定最佳工艺参数。

表 1 正交试验因素水平

Table 1 Factor and level of orthogonal test

水平	因素		
	复合胶添加量(A)	南酸枣果肉浆添加量(B)	白砂糖添加量(C)
1	1.0%	10%	10%
2	1.2%	15%	15%
3	1.4%	20%	20%

1.2.5 南酸枣复合凝胶果冻的品质评价

1.2.5.1 果冻感官评定 参照《GB 19299-2015 食品安全国家标准 果冻》并结合南酸枣的特点制定综合评分标准。由 8 位感官鉴评员参照该标准进行评

分,取其平均值作为感官评分的结果,具体评分指标和果冻评分标准见表 2。

表 2 南酸枣复合凝胶果冻感官评分标准
Table 2 Sensory standard of *Choerospondias axillaris* compound gel jelly

项目	标准	扣分(分)
色泽(15分)	色泽均匀无杂质,呈乳白色略带橙红,富有光泽	0
	色泽基本均匀,颜色略淡,较有光泽	1~5
	有杂质,颜色暗淡,无光泽	6~15
组织状态(15分)	均匀,无气泡,无析水现象	0
	较均匀,少量气泡,析水现象不严重	1~5
	有杂质,析水现象严重	6~15
气味(20分)	无异味,南酸枣香味浓郁	0
	有轻微异味,南酸枣香味较明显	1~10
	有异味,南酸枣香味不明显	11~20
口感(25分)	口感细腻,有弹性,有韧性,软硬适中	0
	口感一般,有一定弹性,咀嚼性,软硬较适中	1~10
	口感粗糙,弹性和韧性缺失,咀嚼性差,过软或过硬	11~25
滋味(25分)	酸甜适中,自然清爽,南酸枣风味浓郁	0
	酸甜较为合适,南酸枣风味较淡	1~10
	偏酸或偏甜,南酸枣风味不明显	11~25

1.2.5.2 果冻析水率的测定 析水率的测定按以下操作:选择完整的果冻,冷却后装入已知重量的密封袋称重,放于冰箱 4 ℃ 下保存 24 h 之后取出果冻,除去表面水滴后称重。公式如下:

$$\text{析水量} = \text{总质量} - \text{容器质量} - \text{除去表面水滴后果冻质量}$$

式 (1)

$$\text{析水率}(\%) = [\text{析水量} / (\text{总质量} - \text{容器质量})] \times 100$$

式 (2)

1.2.5.3 果冻质构特性的测定 TPA 实验(硬度、弹性和咀嚼性测定):P50 型号的探头,将 3 cm×3 cm×0.5 cm 的方形果冻置于测试平台上,从程序列表上选择“TPA.PRJ”测试程序,进行参数设置,测试前、中、后速度都为 1 mm/s,形变量为 50%^[11]。

1.3 数据统计分析

采用 Origin8.5.1 软件作图,用 SPSS20.0 软件设计正交表以及对实验数据进行分析。

2 结果与分析

2.1 单因素实验结果与分析

2.1.1 复合胶添加量对果冻品质的影响 析水率是果冻生产中的质量控制指标之一,它是指果冻形成凝胶后,因胶体体积收缩而在表面分泌出液体的重量占总质量的百分比值^[19],析水现象既影响果冻外观也容易导致果冻的质量劣变。行业标准规定析水率<1%,但此时合格率仅为 35.1%,有学者提出采用析水率<3% 为参考标准^[20],此时合格率可达 83%,因此本实验采用析水率<3% 为参考标准。

复合胶添加量对果冻品质的影响结果如图 1 和

图 2 所示。由图 1 可知,果冻感官品质评分随着复合胶添加量的增大逐渐上升,这可能是胶体分子越少,与其他分子发生的交联越不完全,导致形成的胶体质构不够紧密,凝胶性质较差,随着复合胶添加量的增多,在氢键的作用下,分子之间的交联增强,形成的胶体结构更紧密,相应的凝胶性质也更强,从而果冻口感相应有所提升^[21-22],但当复合胶含量高于 1.4% 时感官评分开始下降,这可能是因为复合胶含量过高导致果冻口感过硬,弹性和韧性缺失,咀嚼性差所造成的。由图 2 可知,随着复合胶含量的增加,果冻的析水率降低,这是因为随着复合胶添加量的增加,复合胶增加形成紧密网络结构的比率增加,凝胶的持水性越强^[23],当复合胶添加量为 1.2%~1.6% 时,果冻析水率能达到标准所需<3% 的要求。

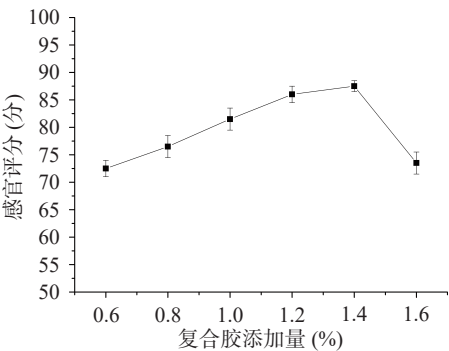


图 1 复合胶添加量对果冻感官评分的影响

Fig.1 Effect of adding amount of compound glue on sensory score of jelly

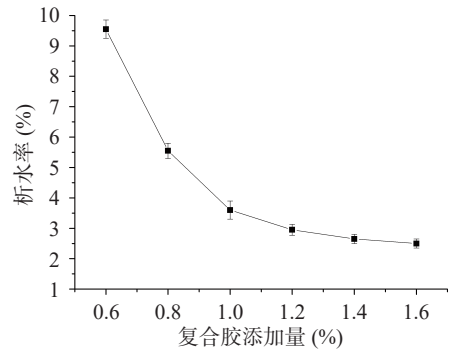


图 2 复合胶添加量对果冻析水率的影响

Fig.2 Effect of adding amount of compound glue on separated water ratio of jelly

经过综合分析,复合胶添加量为 1.6% 时,析水率能够达到所需要求,但感官评分明显低于其他含量,复合胶添加量为 1.0% 时,析水率略大于所需要求,但感官评分较为适中。因此选取复合胶添加量 1.0%、1.2% 和 1.4% 三个水平进行正交试验。

2.1.2 南酸枣果肉浆添加量对果冻品质的影响 南酸枣果肉浆添加量对果冻品质的影响结果如图 3 和图 4 所示。由图 3 可知添加 10%、15% 和 20% 南酸枣果肉浆的果冻感官评分较高,随后感官评分降低。由图 4 可知,果冻析水率先随南酸枣果肉浆添加量的增加而降低,当南酸枣果肉浆添加量大于 15%

后析水率逐渐上升。这可能是因为南酸枣含量越高一方面导致酸度过高,这不仅会使胶体 pH 降低,使胶体发生水解由稠变稀^[24-25],影响果冻胶体的成型,另一方面使果冻酸度过高造成味觉上的不适,从而影响果冻感官品质和析水率。

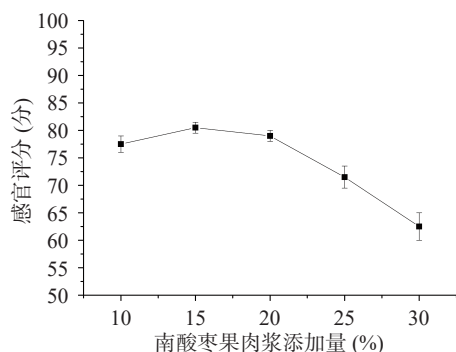


图3 南酸枣果肉浆添加量对果冻感官评分的影响

Fig.3 Effect of adding amount of *Choerospondias axillaris* pulp on the sensory score of jelly

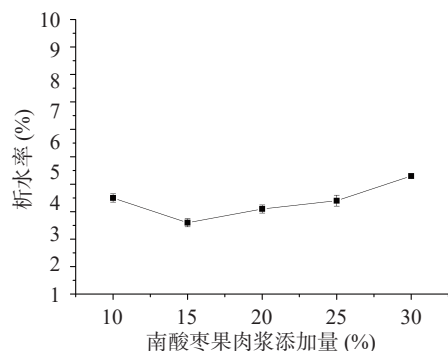


图4 南酸枣果肉浆添加量对果冻析水率的影响

Fig.4 Effect of adding amount of *Choerospondias axillaris* pulp on separated water ratio of jelly

经过综合分析,10%、15%和20%南酸枣果肉浆添加量时果冻的感官评分较高,且析水率较低,因此选取南酸枣果肉浆添加量10%、15%和20%三个水平进行正交试验。

2.1.3 白砂糖添加量对果冻品质的影响 白砂糖添加量对果冻品质的影响结果如图5和图6所示。由图5可知,添加10%、15%和20%白砂糖的果冻感官评分较高,随后感官评分降低,这可能是由于白砂糖含量过高时,一方面破坏了胶体结构影响果冻组织状态,另一方面甜度过高造成感官上的不适。由图6可知,果冻析水率先随白砂糖含量的增加而降低,当白砂糖添加量大于15%后析水率逐渐上升。这可能是因为胶体结构受到了糖中羟基的影响,大量白砂糖中的羟基可能会代替胶体多糖中的羟基形成氢键,从而瓦解凝胶结构,使凝胶的持水性下降,析水率增加^[26]。

经过综合分析,10%、15%和20%白砂糖添加量时果冻的感官评分较高,且析水率较低,因此选取白砂糖添加量10%、15%和20%三个水平进行正交试验。

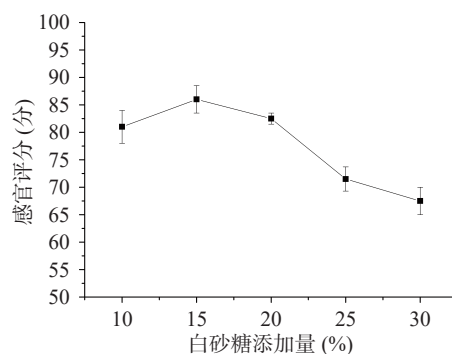


图5 白砂糖添加量对果冻感官评分的影响

Fig.5 Effect of adding amount of white granulated sugar on the sensory score of jelly

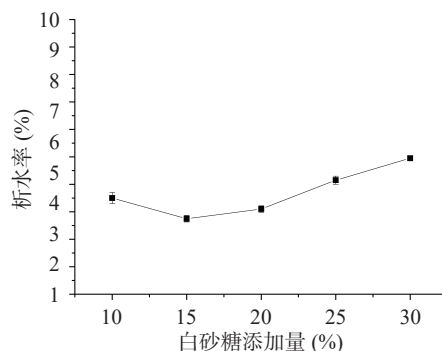


图6 白砂糖添加量对果冻析水率的影响

Fig.6 Effect of adding amount of white granulated sugar on the separated water ratio of jelly

2.2 正交试验结果与分析

采用3因素3水平正交试验,确定复合胶添加量、南酸枣果肉浆添加量、白砂糖添加量的最佳值。试验结果与分析如表3所示。

根据表3正交试验结果M值得出, $A_2B_2C_2$ 配方的感官评分最高。由表4可知:影响果冻感官品质因素的主次顺序为南酸枣果肉浆添加量(B)>白砂糖添加量(C)>复合胶添加量(A),且C因素和B因素对果冻感官评分的影响显著($P<0.05$),A因素对其影响不显著($P>0.05$),因此对于A因素选择最小值 A_1 即可。进一步分析表5可知,B因素各水平之间 B_2 与 B_1 、 B_3 差异显著($P<0.05$),同时 B_1 和 B_3 差异不显著($P>0.05$),因此B因素的最优水平选取 B_2 ,C因素各水平之间 C_2 与 C_3 差异显著($P<0.05$),同时 C_1 和 C_2 、 C_3 差异均不显著($P>0.05$),因此结合成本考虑C因素的最优水平选取 C_1 ;因此以果冻感官评分为指标,果冻的最佳水平组合是 $A_1B_2C_1$,即复合胶添加量1.0%,南酸枣果肉浆添加量15%,白砂糖添加量10%。

根据表3正交试验结果K值得出, $A_3B_3C_2$ 配方的析水率最低。由表6可知:影响果冻析水率因素的主次顺序为复合胶添加量(A)>白砂糖添加量(C)>南酸枣果肉浆添加量(B),且A因素和C因素对果冻析水率的影响显著($P<0.05$),B因素对其影响不显著($P>0.05$),因此对于B因素选择最小值 B_1 即可。

表 3 正交试验结果
Table 3 The result of orthogonal test

处理编号	因素				析水率(%)	感官评分(分)
	复合胶添加量(A)	南酸枣果肉浆添加量(B)	白砂糖添加量(C)	空列(D)	K	M
1	1	1	1	1	3.94	80
2	1	2	2	2	3.65	90
3	1	3	3	3	4.78	70
4	2	1	2	3	2.10	87
5	2	2	3	1	3.21	86
6	2	3	1	2	2.42	78
7	3	1	3	2	3.68	72
8	3	2	1	3	2.11	85
9	3	3	2	1	1.75	80
K ₁	12.37	9.72	8.47	8.9		
K ₂	7.73	8.97	7.5	9.75		
K ₃	7.54	8.95	11.67	8.99		
k ₁	4.12	3.24	2.82	2.97		
k ₂	2.58	4.49	2.50	3.25		
k ₃	2.51	2.98	3.89	3.00		
R ₁	1.61	1.50	1.39	0.28		
M ₁	240.00	239.00	243.00	246.00		
M ₂	251.00	261.00	257.00	240.00		
M ₃	237.00	228.00	228.00	242.00		
m ₁	80.00	79.67	81.00	82.00		
m ₂	83.67	87.00	85.67	80.00		
m ₃	79.00	76.00	76.00	80.67		
R ₂	4.67	11.00	9.67	2.00		

表 4 果冻感官评分方差分析
Table 4 Analysis of variance of jelly sensory score

变异来源	偏差平方和	df	均方	F值	P值
复合胶添加量(A)	36.222	2	18.111	5.821	0.147
南酸枣果肉浆添加量(B)	188.222	2	94.111	30.250	0.032*
白砂糖添加量(C)	140.222	2	70.111	22.536	0.042*
误差(D)	6.222	2	3.111		
总计	59258.000	9			

注: $F_{0.05}(2,2)=19.00$, $F_{0.01}(2,2)=99.00$ 。*表示差异显著,**表示差异极显著;表6同。

表 5 果冻感官评分 Duncan 多重比较

因素	A(复合胶添加量)			B(南酸枣果肉浆添加量)			C(白砂糖添加量)		
水平	3	1	2	2	1	3	2	1	3
a=0.05	a	a	a	a	b	b	a	ab	b
b=0.01	A	A	A	A	A	A	A	A	A

注: 同一因素不同小写字母表示差异显著($P<0.05$), 不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$), 反之则差异不显著; 表7同。

表 6 果冻析水率方差分析表

变异来源	偏差平方和	自由度	均方	F值	P值
复合胶添加量(A)	4.988	2	2.494	34.318	0.028*
南酸枣果肉浆添加量(B)	0.128	2	0.064	0.884	0.531
白砂糖添加量(C)	3.174	2	1.587	21.839	0.044*
误差(D)	0.145	2	0.073		
总计	93.322	9			

表 7 果冻析水率 Duncan 多重比较

Table 7 Duncan multiple comparison of separated water ratio of jelly

因素	A(复合胶添加量)		B(南酸枣果肉浆添加量)		C(白砂糖添加量)	
水平	1	2	3	3	2	1
a=0.05	a	b	b	a	a	a
b=0.01	A	A	A	A	A	A

进一步分析表 7 可知, A 因素各水平之间, A₁ 与 A₂、A₃ 差异显著($P<0.05$), 同时 A₂ 和 A₃ 差异不显著($P>0.05$), 因此结合成本考虑 A 因素的最优水平选取 A₂。C 因素各水平之间, C₃ 与 C₁、C₂ 差异显著($P<0.05$), 同时 C₁ 和 C₂ 差异不显著($P>0.05$), 因此 C 因素的最优水平选取 C₁; 因此以果冻析水率为指标, 果冻的最佳水平组合是 A₂B₁C₁, 即复合胶添加量 1.2%, 南酸枣果肉浆添加量 10%, 白砂糖添加量 10%。

2.3 验证实验

由于通过析水率测定和感官评分得到的最佳工艺与正交试验最佳工艺不同, 因此要进行验证实验。分别按 A₂B₁C₁ 和 A₁B₂C₁ 的配方制作十个果冻用做平行实验, 依次进行析水率测定、感官评定和 TPA 质构测定, 然后将实验结果取均值分别与 A₃B₃C₂、A₂B₂C₂ 组合的结果相比较。

由表 8 可得出, A₂B₁C₁ 组合果冻的硬度、弹性和咀嚼性比 A₃B₃C₂ 组合的果冻低, 且 A₂B₁C₁ 组合析水率比 A₃B₃C₂ 高, 但是 A₂B₁C₁ 组合果冻的感官

评分比 $A_3B_3C_2$ 组合要高。由表 9 可得出, $A_2B_2C_2$ 组合果冻的硬度、弹性和咀嚼性比 $A_1B_2C_1$ 组合的果冻略高, 感官评分差距不大, 两种组合的析水率都大于本试验 $<3\%$ 的要求, 综合表 8 和表 9 分析得出 $A_2B_1C_1$ 组合果冻的品质最好。

表 8 析水率验证实验结果

Table 8 Verification test results of separated water ratio

测定项目	析水率(%)	感官评分(分)	硬度(g)	弹性(mm)	咀嚼性(mJ)
$A_2B_1C_1$	2.69	89	3024.156	0.890	1107.223
$A_3B_3C_2$	1.75	80	4245.828	0.913	1751.621

表 9 感官验证实验结果

Table 9 Sensory verification test results

测定项目	析水率(%)	感官评分(分)	硬度(g)	弹性(mm)	咀嚼性(mJ)
$A_2B_2C_2$	3.65	90	2396.037	0.877	995.473
$A_1B_2C_1$	3.08	88	2176.037	0.815	895.473

3 结论

目前我国果冻市场虽然工艺较为成熟, 但传统的果冻产品仍然以果味为主, 辅以一些胶凝剂、甜味剂、色素、香精等食品添加剂, 缺乏保健功能, 营养较为单一^[27]。添加天然植物果实作为原料生产的果冻占整个果冻行业比例不高, 但这却是果冻行业发展的前景之一。南酸枣富含有机酸、维生素 C、氨基酸、果胶和黄酮类物质等有益成分。在传统的果冻生产原料中加入南酸枣果肉浆, 不仅可以赋予果冻天然的南酸枣风味和色泽, 减少食品添加剂的使用, 弥补传统果冻在营养方面的不足, 也为南酸枣资源的开发与利用提供了一个新的途径, 具有很好的社会效益和经济效益。

本研究经过单因素实验和正交试验得到南酸枣复合凝胶果冻的最佳配方为复合胶添加量 1.2%(k-卡拉胶:魔芋胶:刺槐豆胶=3:2:3), 南酸枣果肉浆添加量 10%, 白砂糖添加量 10%。在此配方下制得的果冻口感较好, 色泽呈乳白色略带橙红, 具有南酸枣特有的风味, 口感细腻, 有良好的弹性和韧性, 软硬适中, 酸甜可口, 感官评分为 89 分, 析水率为 2.69%, 硬度为 3024.156 g、弹性为 0.890 mm、咀嚼性为 1107.223 mJ。

参考文献

- [1] 胡泽敏, 黄贇辉, 周来发, 等. 南酸枣糕制作关键技术及设备[J]. 江西食品工业, 2004(4): 29-30. [HU Z M, HUANG G H, ZHOU L F, et al. Key technology and equipment of south sour jujube cake[J]. Jiangxi Food Industry, 2004(4): 29-30.]
- [2] 王召君. 南酸枣风味研究及营养强化枣糕制备[D]. 南昌: 南昌大学, 2014. [WANG Z J. Study on the flavor of south sour jujube and the preparation of nutrition fortified jujube cake[D]. Nanchang: Nanchang University, 2014.]
- [3] 袁敏. 南酸枣果胶的提取及性质的研究[D]. 南昌: 南昌大学, 2016. [YUAN M. Study on extraction and properties of *Choerospondias axillaris* pectin[D]. Nanchang: Nanchang University,

2016.]

- [4] 赵玉英, 海平, 孙占才. 蒙药广枣中多糖的组分分析和糖含量测定[J]. 药物分析杂志, 2001, 21(6): 440. [ZHAO Y Y, HAI P, SUN Z C. Determination of the constituents of polysaccharides and the contents of saccharide from Mongolian medicine *Fructus Choerospondiatidis*[J]. Chinese Journal of Pharmaceutical Analysis, 2001, 21(6): 440.]
- [5] 刘晓庚, 陈优生. 南酸枣果实的成分分析[J]. 中国野生植物资源, 2000(3): 35-40. [LIU X G, CHEN Y S. Analysis of constituents nstituents in *Choerospondias axillaris* fruits[J]. Chinese Wild Plant Resources, 2000(3): 35-40.]
- [6] 巴根那, 吉林白乙, 白玉霞, 等. 正交设计研究广枣总黄酮提取工艺[J]. 中成药, 2000(4): 5-7. [BA G N, JI L B Y, BAI Y X, et al. Study on extracting technology of total flavone of Mongolian medicine *Fructus Choerospondiatidis* with orthogonal design[J]. Chinese Traditional Patent Medicine, 2000(4): 5-7.]
- [7] 李长伟, 崔承彬, 蔡兵, 等. 南酸枣的研究进展[J]. 解放军药学报, 2008, 24(3): 231-234. [LI C W, CUI C B, CAI B, et al. Research progress of *Choerospondias axillaris*[J]. Pharmaceutical Journal of Chinese People's Liberation Army, 2008, 24(3): 231-234.]
- [8] 赵文洁. 南酸枣果酱产品的研发[D]. 南昌: 南昌大学, 2020. [ZHAO W J. Research and development of the product of south sour jujube jam[D]. Nanchang: Nanchang University, 2020.]
- [9] 刘飞, 陈军, 刘成梅, 等. 高膳食纤维南酸枣软糖配方优化及其质构特性[J]. 食品工业科技, 2020, 41(8): 117-123. [LIU F, CHEN J, LIU C M, et al. Formulation optimization and its texture properties of the *Choerospondias axillaris* soft candy with high dietary fibre[J]. Science and Technology of Food Industry, 2020, 41(8): 117-123.]
- [10] 王琦. 果冻产品发展趋势及相关技术问题的初探[J]. 食品工业科技, 2001(4): 77-78. [WANG Q. Development tendency of fruit jelly and the explore of related technology[J]. Science and Technology of Food Industry, 2001(4): 77-78.]
- [11] 刘朝龙, 王雨生, 陈海华, 等. 果冻质构与感官评定相关性的研究[J]. 青岛农业大学学报(自然科学版), 2012, 29(2): 115-120. [LIU C L, WANG Y S, CHEN H H, et al. Correlation between texture and sensory evaluation of jelly[J]. Journal of Qingdao Agricultural University (Natural Science), 2012, 29(2): 115-120.]
- [12] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. 果冻: GB 19883—2018[S]. 北京: 中国标准出版社, 2018. [State Administration of Market Supervision and Administration, National Standardization Management Committee. Jelly: GB 19883 — 2018[S]. Beijing: China Standard Press, 2018.]
- [13] 冯晓汀, 宗积林, 王双慧. 桂圆桂花果冻的研制[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(3): 117-121. [FENG X T, ZONG J L, WANG S H. Development of longan and osmanthus jelly[J]. Food Research and Development, 2021, 42(3): 117-121.]
- [14] 袁超, 桑璐媛, 刘亚伟. k-卡拉胶的功能特性及其应用研究进展[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2016, 37(4): 118-123. [YUAN C, SANG L Y, LIU Y W. Research progress in the functional characteristics of kappa-carrageenan and its applications[J]. Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edi-

- tion), 2016, 37(4): 118–123.]
- [15] 李海燕. 琼脂/魔芋胶复配的理化性质及力学性能研究[J]. 现代食品, 2020(5): 202–203, 213. [LI H Y. Study on physico-chemical properties and mechanical properties of agar/konjac gum compound[J]. Modern Food, 2020(5): 202–203, 213.]
- [16] 谢建华, 李建平, 谢丙清. 乳酸菌发酵型香蕉果冻的工艺研究[J]. 海峡科学, 2017(1): 6–9. [XIE J H, LI J P, XIE B Q. Study on the technology of banana jelly fermented by *Lactobacillus*[J]. Straits Science, 2017(1): 6–9.]
- [17] DE SOUZA V R, PEREIRA P A, PINHEIRO A C, et al. Evaluation of the jelly processing potential of raspberries adapted in Brazil[J]. Journal of Food Science, 2014, 79(3): S407–S412.]
- [18] 胡文智, 姜莉, 严静, 等. 营养型番茄果冻的加工工艺研究[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(7): 2926–2927. [HU W Z, JIANG L, YAN J, et al. Research on the processing technology of nutrient tomato jelly[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2008, 36(7): 2926–2927.]
- [19] 詹永, 杨勇, 刘勤晋. 魔芋胶的复配研究[J]. 重庆中草药研究, 2005(1): 87–92. [ZHAN Y, YANG Y, LIU Q J. Studies on mixture of konjac gum[J]. Chongqing Journal of Research on Chinese Drugs and Herbs, 2005(1): 87–92.]
- [20] 曾建华. 果冻行业现状及 HACCP 在果冻生产中的应用[J]. 科技视界, 2014(24): 261. [ZENG J H. Current situation of jelly industry and application of HACCP in jelly production[J]. Science & Technology Vision, 2014(24): 261.]
- [21] 苗丁月, 于基成, 常蓬月, 等. 菊粉花茶果冻制作工艺优化[J]. 食品工业科技, 2018, 39(4): 150–153, 165. [MIAO D Y, YU J C, CHANG P Y, et al. Optimization of the production process of inulin scented tea jelly[J]. Science and Technology of Food Industry, 2018, 39(4): 150–153, 165.]
- [22] IRÍAS-MATA A, STUETZ W, SUS N, et al. Tocopherols, tocmonoenols and tocotrienols in oils of Costa Rican palm fruits: A comparison between six varieties and chemical vs. mechanical extraction[J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2017, 65(34): 7476–7482.]
- [23] 李丹, 刘涛, 汪秀妹, 等. 亚麻籽复配胶体系性质分析[J]. 食品科技, 2020, 45(1): 330–337. [LI D, LIU T, WANG X M, et al. Analysis on the properties of linseed compound system[J]. Food Science and Technology, 2020, 45(1): 330–337.]
- [24] 孙静, 李晓萍, 李刚刚, 等. 常见胶凝剂在橙汁果冻中的应用特性研究[J]. 现代食品, 2020(16): 102–107. [SUN J, LI X P, LI G G, et al. Study on the application characteristics of common gelling agents in orange juice jelly[J]. Modern Food, 2020(16): 102–107.]
- [25] 马腾飞, 林雪婷, 王丽霞, 等. 紫薯魔芋复合果冻的工艺配方研究[J]. 福建师大福清分校学报, 2016(5): 49–60, 94. [MA T F, LIN X T, WANG L X, et al. Processing technology of compound jelly of purple sweet potato and *Amorphophallus konjac*[J]. Journal of Fuqing Branch of Fujian Normal University, 2016(5): 49–60, 94.]
- [26] 王聪. 淀粉和亲水胶体对白鲢鱼鱼糜凝胶特性的增效作用研究[D]. 锦州: 渤海大学, 2019. [WANG C. Study on the synergistic effect of starch and hydrocolloids on the gel properties of silver carp and surimi[D]. Jinzhou: Bohai University, 2019.]
- [27] 王巨成. 沙棘酵素果冻制备工艺的研究[J]. 食品工程, 2020(2): 6–10. [WANG J C. Study on the preparation technology of fermented sea-buckthorn jelly[J]. Food Engineering, 2020(2): 6–10.]