

# 基于组分调控的胶原蛋白肠衣凝胶糖果物性及感官品质

徐菲菲<sup>1,2,3,4</sup>, 许文慧<sup>1,2,4</sup>, 宋佳慧<sup>1,2,4</sup>, 刘飞<sup>\*1,2,3,4</sup>,  
陈茂深<sup>1,2,3,4</sup>, 夏熠珣<sup>1,2,3,4</sup>, 钟芳<sup>1,2,3,4</sup>

(1. 江南大学 未来食品科学中心, 江苏 无锡 214122; 2. 江南大学 食品学院, 江苏 无锡 214122; 3. 江南大学 江苏省食品安全与质量控制协同创新中心, 江苏 无锡 214122; 4. 嘉兴未来食品研究院, 浙江 嘉兴 314015)

**摘要:** 为了考察组分对胶原蛋白肠衣凝胶糖果物性及感官品质的影响, 分别以显微结构、色差分析、物性分析、感官品质分析为手段, 探究糖馅中高、低酰基结冷胶及蔗糖、果葡糖浆的最佳用量。结果表明, 低酰基结冷胶用量与凝胶糖果的紧实程度、硬度和回弹力呈正相关, 与顺滑感、融化性和润湿性呈负相关; 高酰基结冷胶用量与贴合程度呈正相关。最终获得消费者喜爱的胶原蛋白肠衣凝胶糖果糖馅中各物质质量分数为: 去离子水 150%、果葡糖浆 80%、蔗糖 20%、低酰基结冷胶 1.5%、高酰基结冷胶 1.5%、乳酸钙 1.0%、柠檬酸钠 0.25%。

**关键词:** 胶原蛋白肠衣; 凝胶糖果; 感官评定; 质构

中图分类号: TS 251.92 文章编号: 1673-1689(2023)03-0048-09 DOI: 10.3969/j.issn. 1673-1689.2023.03.006

## Physical and Sensory Properties of Collagen Casing Gelatinized Candy Regulated by Components Adjustment

XU Feifei<sup>1,2,3,4</sup>, XU Wenhui<sup>1,2,4</sup>, SONG Jiahui<sup>1,2,4</sup>, LIU Fei<sup>\*1,2,3,4</sup>,  
CHEN Maoshen<sup>1,2,3,4</sup>, XIA Yixun<sup>1,2,3,4</sup>, ZHONG Fang<sup>1,2,3,4</sup>

(1. Science Center for Future Foods, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 3. Collaborative Innovation Center of Food Safety and Quality Control in Jiangsu Province, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 4. Jiaxing Institute of Future Food, Jiaxing 314015, China)

**Abstract:** In order to investigate the effect of components on the physical and sensory properties of collagen casing gelatinized candy, the optimal amounts of high and low acyl gellan gum, sucrose and fructose syrup were explored by microstructure, chromaticity analysis, texture analysis and sensory evaluation. The results showed that the amount of low acyl gellan gum was positively correlated with the degree of firmness, hardness and resilience of gelatinous candy, but negatively correlated with smoothness, meltability and wettability. The amount of high acyl gellan gum was positively correlated with the degree of adhesion. Finally, the mass fraction of each substance in collagen casing gelatinous candy with the consumer preference was as follows: deionized water 150%, fructose

收稿日期: 2022-07-04

基金项目: 国家自然科学基金项目(31801589, 31871846); 江苏省自然科学基金项目(BK20180615)。

\* 通信作者: 刘飞(1989—), 男, 博士, 副研究员, 硕士研究生导师, 主要从事食品胶体与感知科学方面的研究。

E-mail: feiliu@jiangnan.edu.cn

syrup 80%, sucrose 20%, low acyl gellan gum 1.5%, high acyl gellan gum 1.5%, calcium lactate 1.0% and sodium citrate 0.25%.

**Keywords:** collagen casing, gelatinized candy, sensory evaluation, texture

2016年胶原蛋白肠衣凝胶糖果(collagen casing gelatinous candy, CCGC)最先在日本悠哈味觉糖有限公司研发上市,同年12月在国内打开市场。目前国内已有数家零食企业上市了CCGC,包括悠哈味觉糖食品(上海)有限公司、福建奇峰食品有限公司、武汉良品铺子股份有限公司、杭州郝姆斯食品有限公司、三只松鼠股份有限公司等。CCGC在仿生方面的独特之处在于糖果外面有一层胶原蛋白肠衣包裹,里面是像果肉一般的糖馅。此类糖果的水分质量分数高于20%,是一种高水分的凝胶糖果<sup>[1]</sup>。CCGC在国内糖果市场迅速发展壮大,不仅丰富了凝胶糖果品类,也扩展了人造胶原蛋白肠衣的应用范围。

虽然国内外一些糖果企业已经建立了完善的制备工艺,但相关的文献资料匮乏,在研发技术上还存在一定的壁垒。目前还未有此类糖果评价体系方面的系统性研究,部分CCGC开发者在原料选择和配方优化过程中目标不明确,难以制备出受大多数消费者喜爱的产品。黄庭盛使用果胶和琼脂为凝胶剂,开发出一款具有提子果肉质构特点的CCGC,胶原蛋白肠衣也具有提子皮的质构特点<sup>[2]</sup>。肖境欢使用黄原胶和刺槐豆胶为凝胶剂,添加叶黄素制备了一种叶黄素爆浆凝胶糖果,在满足口感和趣味性的同时使CCGC具有营养性<sup>[3]</sup>。

作者所在团队前期对CCGC的感官特征进行剖析,确定了对其口感喜好度影响最大的因素是糖馅口感,其中对糖馅口感影响最大的感官属性有:紧实程度、回弹力、融化性、顺滑感以及润湿性<sup>[4]</sup>,且相关指标在以下范围内时,CCGC具有较高喜爱度:凝胶强度165.87~183.19 g、压缩力246.76~293.13 g、回复力102.27~120.61 g、顺滑感4.66~8.70分、融化性小于9.57分、润湿性4.30~9.10分、肠衣脆性6.24~9.08分、难破裂程度5.25~8.20分、贴合程度6.40~11.25分、吞咽残余4.10~6.65分。

为了系统地建立CCGC的评价体系,同时为适用于制备此类糖果的凝胶剂提供选型,拟进一步探究高、低酰基结冷胶和蔗糖、果葡糖浆的用量对

CCGC口感的影响,以期确定原料与感官质构属性之间的关系,为工业化生产和相关研究提供数据支持和理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

低酰基结冷胶(low acyl gellan gum, LA, 纯度95.4%)、高酰基结冷胶(high acyl gellan gum, HA, 纯度97.1%):河南财鑫糖业有限公司产品;乳酸钙、柠檬酸钠:河南中泰有限公司产品;果葡糖浆(固形物质量分数73.4%):浙江华康药业股份有限公司产品;幼砂糖:广州福正东海食品有限公司产品;人造胶原蛋白肠衣:北京秋实农业有限公司产品;去离子水:无锡江大教育文化服务有限公司产品。所用材料均为食品级。市售6种肠衣软糖:1号为悠哈葡萄风味,2号为三只松鼠葡萄风味,3号为百草味葡萄风味,4号为良品铺子葡萄风味,5号为悠哈橙子风味,6号为三只松鼠橙子风味;品评时仅评价质构指标,忽略风味及颜色因素。其他标准样品包括:新鲜鸡蛋、玉宸年糕、徐福记果冻条、上好佳棉花糖、马大姐果冻、婆婆嘴弹嘴豆干、锦虹山楂糕、青团、旺旺QQ糖、苏打饼干、红提、小胶带,均购于无锡欧尚超市。

### 1.2 仪器与设备

Fisco-1S真空搅拌脱气机:德国FLUKO公司产品;WYA-Z阿贝折射仪:上海仪电物理光学仪器有限公司产品;TA.XT PLUS物性分析仪:英国SMS公司产品;204 F1差式扫描量热仪:德国NETZSCH公司产品;SU8100冷场发射扫描电子显微镜:日本HITACHI公司产品;UltraScan Pro1166高精度分光测色仪:美国Hunterlab公司产品。

### 1.3 实验方法

**1.3.1 CCGC配方与工艺** CCGC的基本配方:蔗糖和果葡糖浆的初始添加质量比为40:60,乳酸钙添加质量分数为1%,柠檬酸钠添加质量分数为0.25%,去离子水添加质量分数为150%,其他原料的添加质量分数依实验需要添加。所有原料的质量

分数均为其质量占蔗糖和果葡糖浆干物质质量之和的比例。CCGC的工艺为:取质量分数20%的蔗糖与结冷胶混合,使之均匀分散在柠檬酸钠溶液中<sup>[5]</sup>。搅拌均匀,控制温度为105~110℃,待料液呈半透明状加入剩余蔗糖和果葡糖浆继续熬糖至固形物质量分数为75%,加入酸味剂、乳酸钙、色素和香料等,搅拌均匀。在90℃、0.1 MPa下,搅拌脱气5~10 min至无明显气泡。趁热灌装至人造胶原蛋白肠衣中,每间隔3 cm或8 cm(根据实际需求)扭结一次,室温下冷却24 h后熏蒸,熏蒸条件为65℃、相对湿度(RH)80%、15 min,装袋冷却至室温后剪切、密封,于25℃、RH 53%条件下储藏备用。

**1.3.2 物性分析仪测试** 采用物性分析仪对CCGC在Refine TPA模式下进行测试。分为两个阶段进行,第一阶段为压缩测试,在不破坏样品的前提下对样品进行压缩,得到凝胶强度、压缩力和弹性值,以压缩4 mm的力值作为凝胶强度,压缩5 mm的

力值作为压缩力;第二阶段为穿刺测试,使探头向下穿破样品,到达目标位置后返回,进而得到破裂力和破裂距离等指标。测试条件:测前速度1 mm/s,测中和测后速度均为3 mm/s,触发力5 g,第一次下压距离5 mm,停留30 s,第二次下压距离10 mm,使用直径为2 mm的平底柱形探头P/2,每种样品测定12次。

**1.3.3 感官品质分析** 按照国标GB/T 16291.1—2012要求,筛选10名优选评价员组成感官评价小组,并对其进行培训。培训内容包括基础感官知识、量值估计、15点标度的使用等,培训期间定期对评价员的表现进行监督和测试,确保评价员具备良好的重复性、辨别能力,以及整个评价小组具备较高的一致性。根据文献[4]中描述性分析的方法,对样品的润湿性、顺滑感、融化性和贴合程度进行评分,并进行质构测试。CCGC感官质构属性的定义及参照样见表1。

表1 CCGC感官质构属性的定义及参照样

Table 1 Definition and reference of the sensory texture attributes of the collagen casing gelatinous candy

样品	属性	定义	参照样品
糖馅	硬度	样品放在白齿间压缩相同距离,评价压迫力的大小	煮熟的鸡蛋蛋白(6.0分)
	回弹力	下压相同距离时,感受样品抵抗变形的回复力大小	熟年糕(5.0分) 徐福记果冻条(10.0分)
	融化性	1秒1次,咀嚼12次,评价样品的融化程度,每个样品的评价时间间隔1 min	上好佳棉花糖(12.0分)
	咀嚼性	样品咀嚼至可吞咽状态时的咀嚼次数(固定样品与标样的大小,每个人根据个人习惯折算)	马大姐果冻(4.0分) 双汇香肠(8.0分) 梅林椰果(12.0分)
	易碎性	一侧咀嚼5次,样品碎渣的数量	肠衣小香肠(6.0分) 马大姐果冻(10.8分)
	润湿性	刚咬开时,感受馅料的干湿差异	婆婆嘴弹嘴豆干(6.0分) 1号样品(10.8分)
	顺滑感	在咀嚼过程中感受样品切面的光滑程度	锦虹山楂糕(4.0分) 徐福记果冻条(11.0分)
	紧实程度	咀嚼过程中样品维持形状的能力大小	青团(6.0分) 旺仔QQ糖(15.0分)
肠衣	吞咽残余	样品吞咽后口中残留的碎渣总量	肠衣小香肠(2.5分)
	贴合程度	用手剥离肠衣与果肉时用力的大小	红提(6.0分) 小胶带(12.0分)
	肠衣脆性	咬破肠衣所用力的的大小	熟木耳(9.0分) 海带(13.5分)
	难破裂程度	白齿第一下咬断肠衣时的深度	2号样品(6.0分) 熟年糕(11.0分)

注:参照样品中括号内的数字为各属性强度打分时的定量标度。

**1.3.4 微观结构分析** 参考 Cassanelli 等的方法使用 SEM 观察凝胶网络结构<sup>[6]</sup>。在 85 ℃去离子水中缓慢添加一定量的结冷胶粉,至完全水合后,将溶液倒入样品模具,并在室温下冷却。而后进行冷冻干燥,切成 1.0 cm×1.0 cm×0.5 cm 块状,置于 25 ℃干燥器。使用双面导电胶带,将样品固定到样品台上,真空下喷金。样品扫描的加速电压为 5.0 kV,放大倍数为 50。

**1.3.5 色差分析** 将糖馅装入透明塑封袋内压成 5 mm 厚的薄片,用高精度分光测色仪测定色泽,结果用  $L^*$ 、 $a^*$  和  $b^*$  表示,样品平行测定 3 次。 $L^*$  表示白黑(+偏白,-偏黑), $a^*$  表示红绿(+偏红,-偏绿), $b^*$  表示黄蓝(+偏黄,-偏蓝)。

## 2 结果与分析

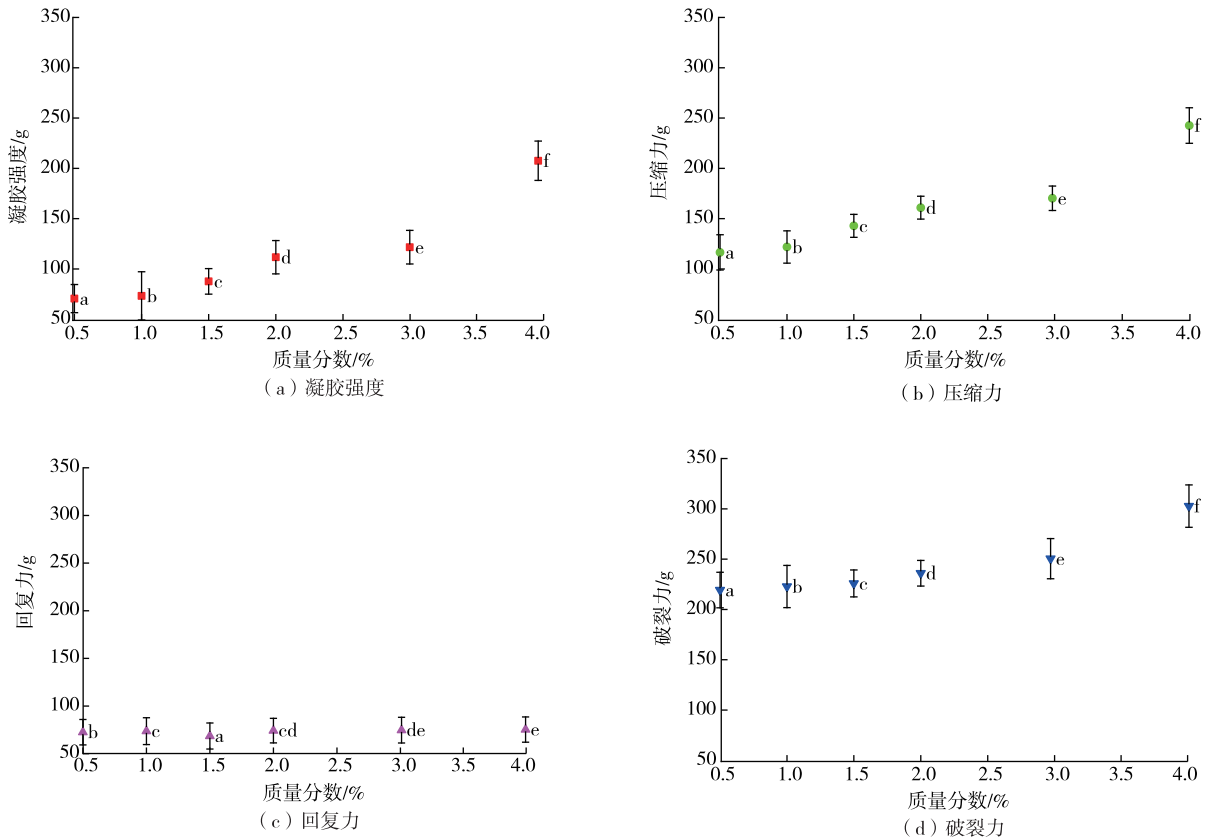
### 2.1 LA 质量分数对 CCGC 感官品质的影响

按照 1.3.1 中 CCGC 的基本配方制备样品,向其中分别加入质量分数为 0.5%、1.0%、1.5%、2.0%、3.0%、4.0% 的 LA,制成固形物质量分数为 75%

的 CCGC,于 25 ℃、RH 53%密封储藏 24 h 备用。

**2.1.1 LA 质量分数对质构性质的影响** LA 质量分数对质构性质的影响见图 1,随 LA 质量分数的增加,凝胶强度和压缩力显著提高( $P<0.05$ )。而破裂力虽有一定的增大趋势,但其在低于质量分数 3.0% 的范围内变化较小,质量分数高于 3.0% 以后才发生较大改变。LA 质量分数的变化对回复力的影响最小。结果说明,LA 质量分数对 CCGC 紧实程度、硬度影响较大,随其质量分数的增加而显著提高( $P<0.05$ )。这是由于在相同固形物质量分数下,LA 分子之间的相互作用随质量分数增加而加强,即 LA 在热水中以无规则卷曲的形式分散,达到一定质量分数并且降低温度时,这些无规则线圈分子间会通过氢键和范德华作用力产生双螺旋结构,质量分数增加到一定程度时会形成海绵状的三维网络结构<sup>[7-9]</sup>。LA 是一种硬而脆的凝胶<sup>[10-11]</sup>,凝胶强度增大的同时,抗变形能力并没有得到增强,因此回复力随质量分数的增加变化不大。

**2.1.2 LA 质量分数对口感的影响** LA 质量分数对



图中不同字母表示统计上存在显著差异( $P<0.05$ )。

图 1 LA 质量分数对质构性质的影响

Fig. 1 Effect of LA mass fraction on the texture

口感的影响见图 2。LA 质量分数对顺滑感、融化性和润湿性有较大影响,质量分数低于 1.5% 时顺滑感、融化性和润湿性极强,这是因为凝胶剂质量分数低时不足以束缚高水分含量的糖浆,当其质量分数增加到 1.5% 以上时,凝胶强度增大,增强了对高水分含量糖浆的束缚能力,因而改善了顺滑感、融化性和润湿性。Hayakawa 等分别对比了 LA 在 0.15 g/dL 和 0.30 g/dL 时在口腔中的融化速率,评分结果分别是 12.6 和 9.7,说明 LA 质量分数增加后在口腔中的融化速率减慢<sup>[9]</sup>。

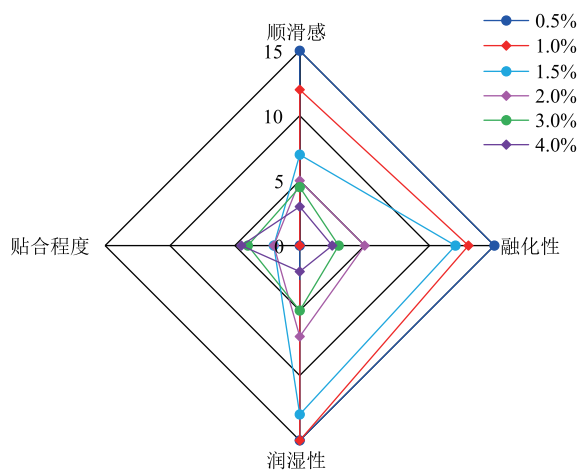


图 2 LA 质量分数对口感的影响

Fig. 2 Effect of LA mass fraction on mouthfeel

**2.1.3 LA 质量分数对凝胶网络结构的影响** LA 质量分数对凝胶网络结构的影响见图 3。随 LA 质量分数的增加,凝胶网络结构逐渐致密。低质量分数时网络结构不规则,对水和糖类物质的束缚能力较弱,增加质量分数后网络结构更加规则,如质量分数为 1.5% 时可明显观察到许多孔洞,可以更好地束缚水和糖类物质。陈青等在研究中发现 LA 质量分

数越高,形成的网络结构越致密,凝胶的保水性也越强<sup>[12-13]</sup>。这就解释了 LA 在低质量分数时具有较低的凝胶强度和较高的润湿性、融化性和顺滑感。综上所述,LA 质量分数对改善糖馅的紧实程度、硬度、回弹力、顺滑感、融化性和润湿性具有重要意义,基于口感和微观结构,故选择 LA 质量分数 1.5% 进行后续实验。

## 2.2 HA 质量分数对 CCGC 感官品质的影响

按 1.3.1 中 CCGC 的基本配方制备样品,加入质量分数 1.5% 的 LA 及质量分数分别为 0、0.5%、1.0%、1.5%、2.0% 的 HA,制成固形物质量分数为 75% 的 CCGC,于 25 °C、RH 53% 密封储藏 24 h 备用。

**2.2.1 HA 质量分数对质构的影响** HA 质量分数对质构的影响见图 4。随 HA 质量分数的增加,凝胶强度、压缩力、回复力和破裂力都呈现先小幅减小后增大的趋势,说明少量的 HA 会减弱 LA 的凝胶效果,继续增加 HA 的质量分数,会改善整体的凝胶效果。Shin 等将改性后的结冷胶与明胶复配,形成互穿凝胶网络结构,结果发现这种互穿凝胶网络比单体凝胶网络具有更大的凝胶强度<sup>[14]</sup>。Mao 等研究发现,HA 与 LA 质量比为 25:75 时形成的聚合物网络结构属于半 IPN (互穿聚合物网络) 结构,即 LA 聚合物在凝胶网络中形成连续基质,而少量的 HA 聚合物则分散在凝胶基体中,HA 与 LA 质量比为 75:25 时同理,当 HA 与 LA 质量比为 50:50 时,高、低酰基结冷胶聚合物都可以形成连续的网络结构,最终形成互穿聚合物网络即完整的 IPN 结构<sup>[15]</sup>。由此可知,HA 的质量分数为 0.5%、1.0% 和 2.0% 时形成的凝胶网络结构均属于半 IPN 结构,质量分数 1.5% 时,与 LA 以质量比 1:1 复配形成完整的 IPN 结构,协同效果最佳,回复力和破裂力均在理想范围内。

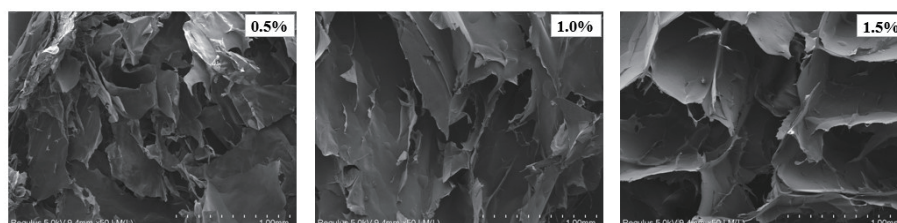
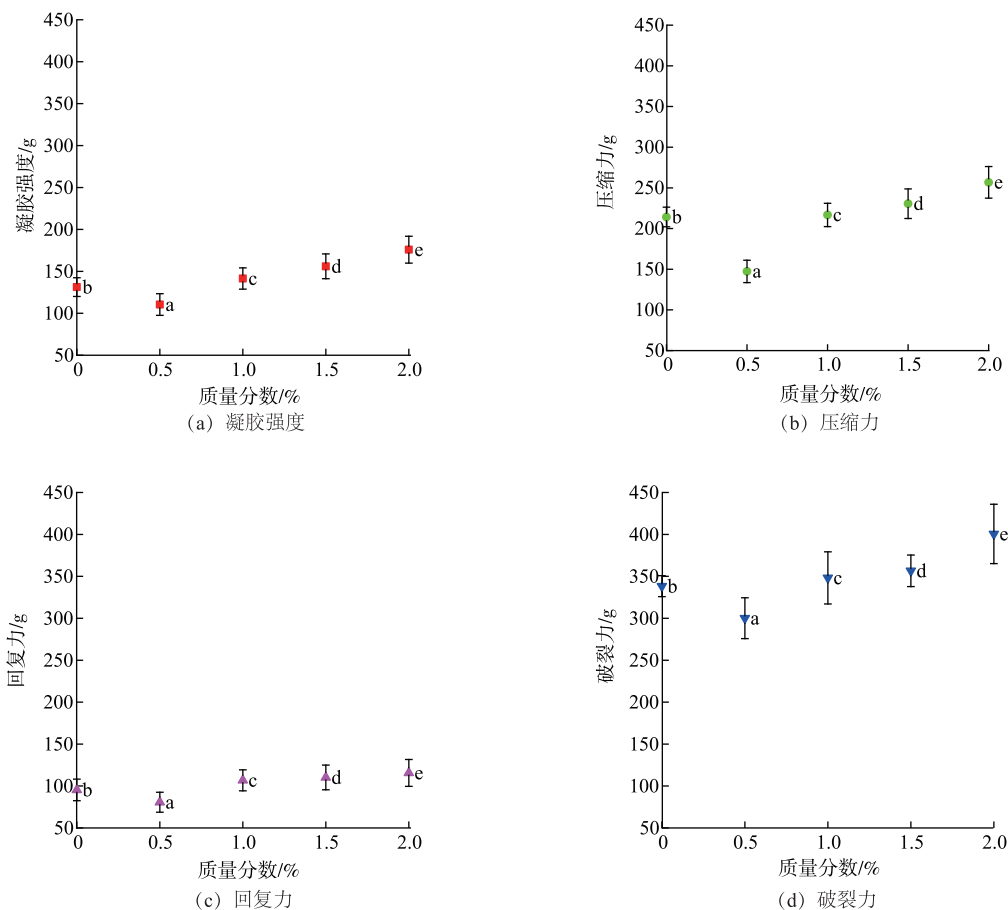


图 3 LA 质量分数对凝胶网络结构的影响

Fig. 3 Effect of LA mass fraction on the gel network structure



图中不同字母表示统计上存在显著差异( $P<0.05$ )。

图 4 HA 质量分数对质构性质的影响

Fig. 4 Effect of HA mass fraction on the texture

**2.2.2 HA 质量分数对口感的影响** HA 质量分数对口感的影响见图 5。结果表明,质量分数 0.5% 的 HA 与对照组相比具有更高的润湿性和融化性,这与 LA 凝胶效果受到 HA 的阻碍作用有关。进一步增大 HA 质量分数,润湿性和融化性又会发生不同程度的减小,质量分数低于 1.5% 时,润湿性和融化性仍然高于对照组;在质量分数 1.5% 时,顺滑感、融化性和润湿性均在理想范围内;但质量分数达到 2.0% 时,润湿性和融化性低于对照组且远低于理想范围。而贴合程度随 HA 质量分数的增加显著提高 ( $P<0.05$ ),在质量分数 1.0% 时,已达到目标要求,但在质量分数 2.0% 时有减小趋势,贴合程度的改善与 HA 的凝胶性质有一定关系,推测一方面与 HA 本身的黏着性有关,另一方面与凝胶的持水性变化有关。选择单一 LA 作为凝胶剂,在灌糖时具有较大的流动性因而浸润效果更佳,但其易碎性强,易导致贴合程度降低。而 HA 凝胶内聚性强、抗变形能力

强<sup>[6]</sup>,因而与肠衣表面发生粘连后很难分离,这种贴合效果比 LA 更稳定。综上分析,HA 质量分数为 1.5% 时,回复力、破裂力、顺滑感、融化性、润湿性和贴合程度均达到理想范围,但凝胶强度和压缩力仍然低于目标要求。

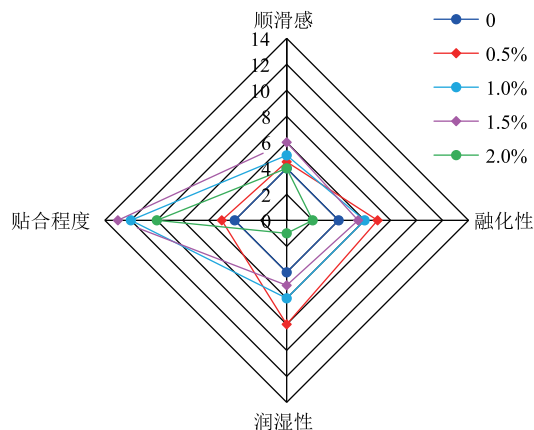


图 5 HA 质量分数对口感的影响

Fig. 5 Effect of HA mass fraction on mouthfeel

**2.2.3 HA 质量分数对凝胶网络结构的影响** HA 质量分数对凝胶网络结构的影响见图 6。与对照组相比,添加了质量分数 1.0% 的 HA 后出现更多致密的小孔。LA 形成的大孔凝胶网络是由粗实的连接链构成的,而 HA 形成的小孔凝胶网络是由细薄的

连接链构成的,大孔的粗实结构可以承受更大的外力,而小孔的细薄结构具有更好的保水性能<sup>[7]</sup>,因此,当 HA 质量分数达到 2.0% 时,口感上的润湿性和融化性明显减小。

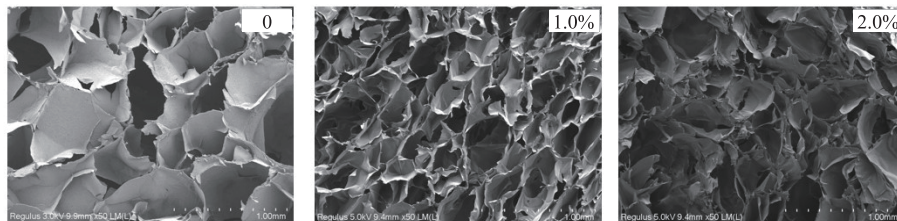


图 6 HA 质量分数对凝胶网络结构的影响

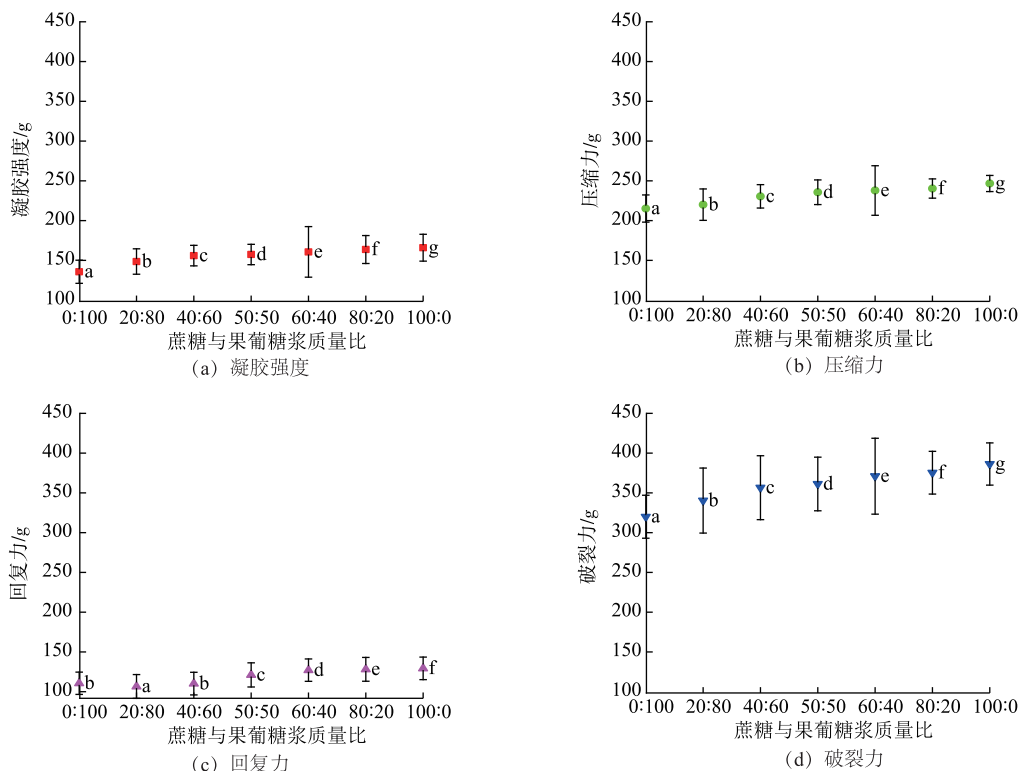
Fig. 6 Effect of HA mass fraction on gel network structure

### 2.3 蔗糖与果葡糖浆质量比对 CCGC 感官品质的影响

糖馅中各物质质量分数为:去离子水 150%、LA 1.5%、乳酸钙 1.0%、HA 1.5%、柠檬酸钠 0.25%,在总糖质量固定不变的情况下,蔗糖与果葡糖浆质量比分别为 0:100、20:80、40:60、50:50、60:40、80:20、100:0,制成固形物质量分数为 75% 的 CCGC,于 25 °C、RH 53% 密封储藏 24 h 备用。

**2.3.1 蔗糖与果葡糖浆质量比对质构的影响** 蔗糖与果葡糖浆质量比对质构的影响见图 7。蔗糖与果葡糖浆的不同质量比对凝胶强度、压缩力、回复力和破裂力的影响并不明显。

**2.3.2 蔗糖与果葡糖浆质量比对口感的影响** 蔗糖与果葡糖浆质量比对口感的影响见图 8。果葡糖浆的比例越高,糖馅的顺滑感、融化性和润湿性越高,但贴合程度相反。这是因为果葡糖浆属于液态



图中不同字母表示统计上存在显著差异 ( $P < 0.05$ )。

图 7 蔗糖与果葡糖浆质量比对质构的影响

Fig. 7 Effect of sucrose and fructose syrup's ratio on the texture

糖浆,具有吸湿性,在储藏过程中不会像蔗糖一样出现返砂的情况,所以在口感上更湿滑,但高比例的果葡糖浆也会增大与肠衣间的润滑作用,使贴合程度降低。总体而言,蔗糖与果葡糖浆质量比的变化对质构和口感的影响没有其他因素大,但在质量比为 20:80 时贴合程度较质量比 40:60 时略有减小,且在理想范围内。

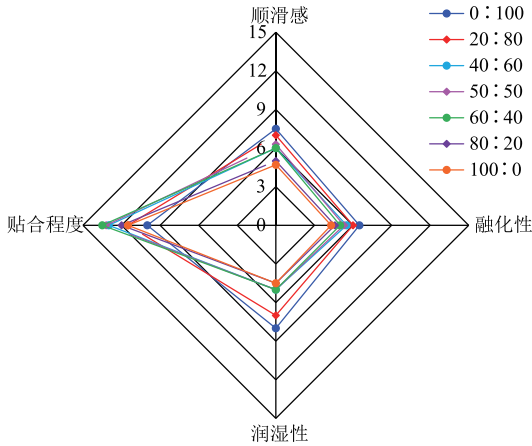


图 8 蔗糖与果葡糖浆质量比对口感的影响

Fig. 8 Effect of the mass ratio of sucrose and fructose syrup on mouthfeel

2.3.3 蔗糖与果葡糖浆质量比对糖馅色差的影响

蔗糖与果葡糖浆的质量比不同会使外观颜色发生改变,见图 9。随果葡糖浆比例升高,样品的外观颜色由白色向褐色转变,且透明度越来越高。这主要是因为果糖和葡萄糖属于还原糖,在加热过程中更容易发生焦糖化反应,熬糖过程产生的焦糖素会使颜色加深,而蔗糖必须先水解成葡萄糖和果糖才能发生焦糖化反应<sup>[18]</sup>。另外,当蔗糖比例过高,过饱和度足够高而动力学约束不足以阻止晶体形成时,就会发生重结晶,因此避免重结晶的关键是降低蔗糖的比例,适当增加果葡糖浆的比例。



图 9 蔗糖与果葡糖浆质量比对糖馅颜色的影响

Fig. 9 Effect of the mass ratio of sucrose and fructose syrup on the color of filling

采用高精度分光测色仪测定糖馅的色差,结果见表 2。从表中可以看出,果葡糖浆比例越高,黄度越高。较高的白度和黄度都会使亮度增强,故  $L^*$  先减小后增大。为避免产品在储藏过程中因较高比例

的蔗糖出现返砂情况<sup>[18]</sup>,选择蔗糖与果葡糖浆的质量比为 20:80。

表 2 蔗糖与果葡糖浆质量比对糖馅色差的影响

Table 2 Effect of the mass ratio of sucrose and fructose syrup on the chromatic aberration of filling

蔗糖与果葡糖浆质量比	$L^*$	$a^*$	$b^*$
0:100	71.50±2.21 <sup>d</sup>	8.76±1.08 <sup>f</sup>	60.67±2.69 <sup>f</sup>
20:80	70.67±0.91 <sup>cd</sup>	7.77±0.84 <sup>e</sup>	56.09±1.67 <sup>e</sup>
40:60	68.27±3.08 <sup>b</sup>	5.13±1.15 <sup>d</sup>	44.40±2.13 <sup>d</sup>
50:50	67.89±1.48 <sup>b</sup>	4.84±0.33 <sup>d</sup>	43.12±1.37 <sup>d</sup>
60:40	65.23±1.99 <sup>a</sup>	3.51±0.20 <sup>c</sup>	36.91±2.02 <sup>c</sup>
80:20	67.70±2.46 <sup>b</sup>	1.03±0.45 <sup>b</sup>	24.26±0.79 <sup>b</sup>
100:0	69.08±0.92 <sup>bc</sup>	-0.56±0.13 <sup>a</sup>	14.42±0.61 <sup>a</sup>

注:数值表示为平均值 ± 标准偏差,同一列中的不同小写字母表示具有显著性差异 ( $P < 0.05$ )。

2.4 自制 CCGC 市场接受度预测

通过上述实验得到了最优配方,采用描述性分析对该配方制得样品进行了感官评价,结果见图 10。结合描述性分析结果与消费者喜好度测试,绘制外部偏好图,从而预测自制产品的市场接受度<sup>[19]</sup>,得到自制产品的市场接受度预测情况(见图 11)。

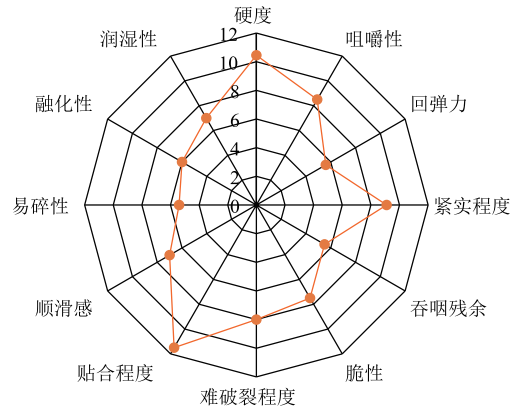


图 10 自制产品的描述性分析结果

Fig. 10 Description analysis result of homemade product

在图 11 中,1~6 号样品为 6 种市售 CCGC 产品,7 号样品为自制产品。7 号样品位于右半部分,其特征为具有较高的贴合程度、紧实程度,硬度、回弹力、咀嚼性、难破裂程度等。图 11 中不同颜色代表了消费者对样品的喜好情况,7 号样品所在范围为 70%~80%,说明自制 CCGC 具有较广的市场接受度,预计在同类产品市场上受偏爱程度可以达到 70%~80%。



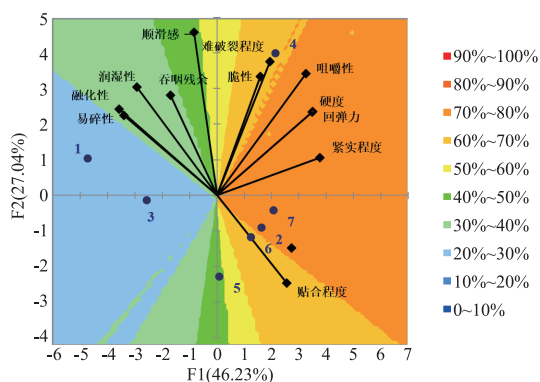


图 11 使用外部偏好图预测自制产品的市场接受度

Fig. 11 Market acceptance of homemade product predicted by the external preference mapping

### 3 结语

LA、HA 主要通过调控凝胶网络结构影响糖馅

的质构和口感,HA 质量分数对贴合程度影响最大。LA 质量分数的变化对凝胶强度和压缩力影响较大。相应地,在口感方面其质量分数与紧实程度、硬度和回弹力的大小成正比,与顺滑感、融化性和润湿性的大小成反比。HA 增强了糖馅的抗变形能力和黏着性,有效改善了咀嚼性、肠衣脆性、难破裂程度和贴合程度,使其在质量分数 1.5%时达到目标范围。另外,高酰基结冷胶的细小网络结构也大大增强了对水的束缚能力,顺滑感、融化性和润湿性也在质量分数 1.5%时达到了目标范围。蔗糖和果葡糖浆的质量比在改善糖馅色差和透明度方面发挥重要作用,果葡糖浆的比例越大,糖馅口感的顺滑感、融化性和润湿性越大,但会在一定程度上减小贴合程度。蔗糖与果葡糖浆质量比为 20:80 时,所有评价指标均在目标范围内且此时 CCGC 具有较高的透明度。

### 参考文献:

- [1] YAMABE F, MASUMOTO K, SUZUKI K, et al. High-moisture-content gummi candy: US15501932[P/OL]. 2017-8-10[2022-06-01]. <https://wenku.baidu.com/view/ba3e9124ccc789eb172ded630b1c59ecf8c79a1d.html>.
- [2] 黄庭盛. 一种果味软糖及其制备方法:106666035A[P]. 2017-05-17.
- [3] 肖境欢. 一种叶黄素爆浆软糖及其制备方法:110506828A[P]. 2019-11-29.
- [4] 许文慧, 刘飞, 于哲, 等. 市售肠衣软糖感官与仪器测定质构属性相关性分析[EB/OL]. (2019-10-31)[2021-08-05] <http://www.paper.edu.cn/releasepaper/content/4749850>.
- [5] PHILLIPS G O, WILLIAMS P A. Handbook of hydrocolloids[M]. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2000; 204-227.
- [6] CASSANELLI M, PROSAPIO V, NORTON I, et al. Role of the drying technique on the low acyl gellan gum gel structure: molecular and macroscopic investigations[J]. *Food and Bioprocess Technology*, 2019, 12(2): 313-324.
- [7] YAMAMOTO F, CUNHA R L. Acid gelation of gellan: effect of final pH and heat treatment conditions[J]. *Carbohydrate Polymers*, 2007, 68(3): 517-527.
- [8] ZIA K M, TABASUM S, KHAN M F, et al. Recent trends on gellan gum blends with natural and synthetic polymers: a review[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2018, 109: 1068-1087.
- [9] HAYAKAWA F, KAZAMI Y, ISHIHARA S, et al. Characterization of eating difficulty by sensory evaluation of hydrocolloid gels [J]. *Food Hydrocolloids*, 2014, 38: 95-103.
- [10] 陈青, 李荣, 周涛涛, 等. 制备条件对结冷胶流体凝胶形成的影响[J]. *食品科学*, 2020, 41(7): 23-29.
- [11] BRADBEER J F, HANCOCKS R, SPYROPOULOS F, et al. Low acyl gellan gum fluid gel formation and their subsequent response with acid to impact on satiety[J]. *Food Hydrocolloids*, 2015, 43: 501-509.
- [12] 陈青, 谭力, 马慧婷, 等. 低酰基结冷胶酸性凝胶的凝胶特性研究[J]. *食品科学*, 2017, 38(15): 51-57.
- [13] 陈青, 周涛涛, 程红梅, 等. 低酰基 / 高酰基复合酸性结冷胶凝胶的凝胶特性研究[J]. *农业机械学报*, 2020, 51(6): 360-365.
- [14] SHIN H, OLSEN B D, KHADEMOSSEINI A. The mechanical properties and cytotoxicity of cell-laden double-network hydrogels based on photocrosslinkable gelatin and gellan gum biomacromolecules[J]. *Biomaterials*, 2012, 33(11): 3143-3152.
- [15] MAO R, TANG J, SWANSON B G. Texture properties of high and low acyl mixed gellan gels[J]. *Carbohydrate Polymers*, 2000, 41(4): 331-338.
- [16] OSMALEK T Z, FROELICH A, JADACH B, et al. Rheological investigation of high acyl gellan gum hydrogel and its mixtures with simulated body fluids[J]. *Journal of Biomaterials Applications*, 2018, 32(10): 1435-1449.
- [17] 洪伦波. 结冷胶流变行为与凝胶特性的研究[D]. 杭州: 浙江工商大学, 2007.
- [18] HARTEL R W, JOACHIM H, HOFBERGER R. Confectionery science and technology[M]. Berlin: Springer, 2018: 3-67.
- [19] 王忆凌. 产品研发中产品属性的最优选择问题[D]. 上海: 华东师范大学, 2007.