刘淑敏, 陈小丹, 曾凯琳, 等. 椰子油复合凝胶软糖的配方优化及贮藏时间对质构的影响 [J]. 食品工业科技, 2023, 44(13): 207−213. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2022090144

LIU Shumin, CHEN Xiaodan, ZENG Kailin, et al. Formulation Optimization of Coconut Oil Complex Gel Fudge and the Effect of Storage Time on Its Textural Properties[J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(13): 207−213. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2022090144

· 工艺技术 ·

椰子油复合凝胶软糖的配方优化及贮藏时间对质构的影响

刘淑敏, 陈小丹, 曾凯琳, 胡小军*

（岭南师范学院食品科学与工程学院, 广东湛江 524048）

摘　要: 为拓宽椰子油的应用，本实验以初榨椰子油、明胶、果胶等为材料制作混合型凝胶软糖，以感官评分为指标，在单因素实验的基础上，通过正交试验，对椰子油复合凝胶软糖的配方进行优化，并研究了贮藏时间对其质构的影响。实验结果显示，椰子油复合凝胶软糖的最佳配方为：椰子油 9.44 g，糖总量 34.00 g，凝胶胶液总量 35.89 g，其中麦芽糖、木糖醇、黑糖质量比为 24∶5∶5、总糖与总胶质量比为 36∶38、椰子油与糖胶质量比为 10∶74。在此配方下制备的椰子油复合凝胶软糖椰香浓郁、弹牙顺滑不粘腻，甜味恰当，感官评分为（84.22±1.17）分。质构仪分析结果显示，随着贮藏时间的延长，椰子油复合凝胶软糖的硬度、胶黏性和咀嚼性极显著提升（P<0.01），但弹性无显著变化（P>0.05）。本研究可以为椰子油的综合开发利用提供参考依据。

关键词: 椰子油, 凝胶软糖, 正交试验, 贮藏时间, 质构

中图分类号: TS201.1　　**文献标识码:** B　　**文章编号:** 1002−0306(2023)13−0207−07

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2022090144

本文网刊:

Formulation Optimization of Coconut Oil Complex Gel Fudge and the Effect of Storage Time on Its Textural Properties

LIU Shumin, CHEN Xiaodan, ZENG Kailin, HU Xiaojun*

（College of Food Science and Engineering, Lingnan Normal University, Zhanjiang 524048, China）

Abstract: In order to broaden the application of coconut oil, virgin coconut oil, gelatin and pectin were used to prepare complex gel fudge. The optimal formulation of coconut oil complex gel fudge was obtained via single-factor test and orthogonal tests with sensory score as evaluation index, and the effect of storage time on the texture of gel fudge was also investigated. The results showed that the optimal technological parameters of coconut oil complex gel fudge were as follows: Coconut oil 9.44 g, total sugar 34.00 g, total gum 35.89 g, among which the mass ratio of maltose, xylitol and brown sugar was 24∶5∶5, the mass ratio of total sugar and total gum was 36∶38, and the mass ratio of coconut oil and sugar gum was 10∶74. The complex gel fudge prepared under this formula had rich coconut flavor, smooth and non-sticky, proper sweetness, and the sensory score was 84.22±1.17. Results of texture analysis showed that the hardness, gumminess and chewiness of the coconut oil complex gel fudge increased extremely significantly with the extension of storage time (P<0.01), but the elasticity did not change significantly (P>0.05). This study provides references for coconut oil utilization.

Key words: coconut oil; gel fudge; orthogonal test; storage time; texture

猪油糖(Lard soft candy)是一种起源于广东潮汕地区的地方特产, 是以猪油、面粉、食糖等为原料制作而成的糖果, 质感与凝胶软糖相似, 具有口感顺滑、甜而不厌、油而不腻的特点[1]。由于富含猪油的饮食结构会导致高胆固醇血症、主动脉病变、冠心病和多发性硬化症等多种疾病[2−5], 因而长期食用猪油

收稿日期: 2022−09−15

基金项目: 广东省自然科学基金（2020A1515010852）; 广东省普通高校青年创新人才项目（2017KQNCX126）; 岭南师范学院人才专项项目（ZL1803）。

作者简介: 刘淑敏（1987−）, 女, 博士, 讲师, 研究方向: 食品加工技术与产品开发、废弃生物质利用, E-mail: liushuminlsm@163.com。

*** 通信作者:** 胡小军（1977−）, 男, 硕士, 副教授, 研究方向: 食品的深加工与功能成分制备, E-mail: yan2001j@126.com。

糖不利于人体健康，这也直接导致近年来猪油糖市场销售量大幅减少，甚至陷入停滞状态。

椰子（*Cocos nucifera*）主要分布在南北纬 20°之间的热带地区，在我国海南省大量种植，与油茶、油棕榈和油橄榄并称为世界四大木本油料植物[6−7]。根据榨油工艺的不同，椰子油可分为椰子原油、精炼椰子油和初榨椰子油[8]。椰子油富含中链脂肪酸和月桂酸，易被人体消化吸收，尤其适合肥胖人群及糖尿病患者食用[9]。此外，椰子油还具有抗氧化、调节血浆血脂和新陈代谢、改善体内氮平衡等生理功效[10−13]。椰子油的烟点为 173.75~176.60 ℃，能够适应煎炸炒等高温烹饪制作方式，不易在加工过程中产生有害物质，因而被广泛应用于食品烹调[14−15]。

凝胶软糖又称 QQ 糖、橡皮糖，是将凝胶剂如明胶、果胶、琼脂与甜味剂如蔗糖、砂糖等混合，经高温熬煮、浇注成型等工艺制成的含水较高、质地柔软的糖果[16]。目前，市售凝胶软糖功能较为单一，仅以满足消费者口感需求为主。以木糖醇、山梨糖醇等代替白砂糖制备功能性无糖凝胶软糖[17−18] 和以“药食同源”中药材制成的中药功能性凝胶软糖[19] 是当前国内凝胶软糖的研究热点，而添加功能性油脂的凝胶软糖研究较少[20]。

本研究结合凝胶软糖和猪油糖的制作思路，使用初榨椰子油代替猪油，采用明胶、果胶两种食品增稠剂进行复配，以感官评分为指标，通过正交试验，制作出外观、口感和营养价值更加优秀的椰子油复合凝胶软糖，并采用质构仪分析了贮藏时间对椰子油复合凝胶软糖的影响。以功能性植物油脂椰子油代替猪油制备复合凝胶软糖，可以很好地解决猪油糖高热量、高胆固醇的缺点，为猪油糖类传统地方小吃的革新提供新思路，同时拓展椰子油的综合利用方式和功能性糖果的研发方向，具有广阔的市场前景和较高的应用价值。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

初榨椰子油（冷榨椰子油） 海南文昌椰友润食品有限公司；明胶、果胶 广州馨之味食品配料商城；麦芽糖 广西梧州乐哈哈食品工业有限公司；木糖醇 浙江华康药业股份有限公司；黑糖 广州华糖食品有限公司；以上试剂均为食品级。

AUY120 电子分析天平 日本岛津制作所；TMS-PRO 食品物性质构仪 美国 FTC 公司。

1.2 实验方法

1.2.1 椰子油复合凝胶软糖制备工艺

1.2.1.1 制备工艺流程 称取初榨椰子油、麦芽糖、木糖醇和黑糖，在 100 ℃ 沸水浴中融化并混合搅拌至均匀，制成糖油混合物；明胶、果胶在 25 ℃ 下以一定比例复水 30 min，随后在 75 ℃ 水浴中混合均匀，制成复合凝胶胶液[21]。将糖油混合物和胶液于 80 ℃ 水浴中混合均匀，倒入模具，室温下冷却 12 h 后脱模取出，切块，即制得椰子油复合凝胶软糖。

1.2.1.2 基础配方设计 根据左招霞[1] 的猪油糖制作配方进行适当修改：初榨椰子油 10 g、食用糖总量 34 g（麦芽糖∶木糖醇∶黑糖=26∶4∶4，质量比）、凝胶胶液总量 40 g（明胶∶果胶=7∶3，质量比），椰子油复合凝胶软糖总质量为 84 g。

1.2.2 单因素实验

1.2.2.1 糖（麦芽糖、木糖醇和黑糖）配比对椰子油复合凝胶软糖感官评分的影响 限定食用糖总量为 34 g，分别以麦芽糖、木糖醇和黑糖质量比为 24∶5∶5、26∶4∶4、28∶3∶3、30∶2∶2、32∶1∶1 进行单因素实验，以感官评分为指标，确定糖的最适配比。

1.2.2.2 果胶复水比对椰子油复合凝胶软糖感官评分的影响 限定凝胶胶液总量为 40 g，明胶胶液（按照胶水比 1∶3 复水）与果胶胶液质量比为 7∶3，分别以果胶复水比为 3∶1、6∶1、9∶1、12∶1、15∶1 进行单因素实验，以感官评分为指标，确定果胶的最适复水比。

1.2.2.3 糖胶比对椰子油复合凝胶软糖感官评分的影响 限定食用糖和凝胶胶液总量为 74 g，分别以总糖与总胶质量比为 32∶42、34∶40、36∶38、38∶36、40∶34 进行单因素实验，以感官评分为指标，确定糖胶的最适配比。

1.2.2.4 油与糖胶配比对椰子油复合凝胶软糖感官评分的影响 限定复合凝胶软糖总质量为 84 g，分别以椰子油和糖胶质量比为 6∶78、10∶74、14∶70、18∶66、22∶62 进行单因素实验，以感官评分为指标，确定椰子油的最适添加量。

1.2.3 正交试验 在单因素实验的基础上，选取对椰子油复合凝胶软糖感官评分影响显著的 3 个因素（糖配比、糖胶比、油与糖胶配比）进行 3 因素 3 水平正交试验设计，优化椰子油复合凝胶软糖的制备工艺。因素水平设计见表 1。

表 1 椰子油复合凝胶软糖配方优化的正交试验因素水平

Table 1 Factors and levels of orthogonal experimental for formula optimization of coconut oil complex gel fudge

水平	因素		
	A 糖配比(g∶g∶g)	B 糖胶比(g∶g)	C 油与糖胶配比(g∶g)
1	24∶5∶5	38∶36	14∶70
2	26∶4∶4	36∶38	10∶74
3	28∶3∶3	34∶40	18∶66

1.2.4 椰子油复合凝胶软糖感官评分标准 由食品科学与工程专业 6 名学生组成感官评分小组，事前对感官评分工作进行针对性培训。每份样品使用独立编号用以相互区别。评分小组成员独立品评样品，根据给出的评分标准，从外观质感、口感、风味三方面对样品进行评分，评分标准及评价系数见表 2[22]。每个因子按总分 100 分进行打分，总得分为各个因子的单项得分乘以评价系数之和，见式（1）。最终感

官评价得分为 6 名成员评分结果的平均值。

$$\text{感官评分总分} = \text{外观质感得分}30\% + \text{口感得分}40\% + \text{风味得分}30\% \quad \text{式（1）}$$

表 2　椰子油复合凝胶软糖感官评分标准及评价系数

Table 2　Sensory score standard and evaluation coefficient of coconut oil complex gel fudge

评分标准			得分（分）
外观质感(30%)	口感(40%)	风味(30%)	
质地透明均匀，回弹好，不粘手	易咀嚼，富有弹牙感，无甜腻感	椰香味浓郁，脂香味和甜味适中	60~100
质地较均匀，透明度一般，回弹一般	易咀嚼，弹牙感一般，甜腻感适中	椰香味明显，脂香味和甜味一般	30~59
质地不均匀，不透明无弹性且粘手	入口易碎，无弹牙感，过甜过腻	椰香味不明显，甜味或脂香味腻人	0~29

1.2.5　贮藏时间对椰子油复合凝胶软糖质构的影响

1.2.5.1　样品贮藏条件及采样时间　将正交试验得到的最优组合样品置于恒温恒湿（温度 30 ℃、湿度 40%）的保温箱中，每隔 24 h 对样品进行一次质构仪分析，累计测试 5 d，以确定贮藏时间因素对椰子油复合凝胶软糖硬度、弹性、胶黏性、咀嚼性等品质的影响。

1.2.5.2　质构仪测试　参照李丹丹等[23]对凝胶软糖的质构仪分析方法，选用 TPA 模式测试，使用圆柱形探头，测试前、测试以及测试后速度都为 2×10^{-3} m/s，压缩率为 50%，触发力为 0.05 N，两次压缩间隔时间 2 s。将样品按照 1.5 cm×1.5 cm×1.0 cm 尺寸均匀平整部分切块进行测试，每组样品至少平行测 3 次，取平均数。以弹性、硬度、胶黏性、咀嚼性作为评价指标。

1.3　数据处理

采用 Microsoft Excel 2016 软件进行原始数据处理，Origin 2018 软件做图，SPSS Statistic 17.0 的 One-Way ANOVA 进行单因素方差分析，LSD 检验进行显著性分析，并进行水平间差异显著性标记。

2　结果与分析

2.1　单因素实验结果分析

2.1.1　糖配比对椰子油复合凝胶软糖感官评分的影响　糖配比对椰子油复合凝胶软糖感官评分的影响见图 1。由图可知，当总糖添加量一定时，随着麦芽糖占比的增加，凝胶软糖感官评分值呈先上升后减小的趋势。麦芽糖与木糖醇、黑糖质量比为 26∶4∶4 时评分最高（72.83±12.26 分），此时软糖甜度适宜、风味良好。这是因为麦芽糖甜度较低，但保湿性高，适量添加可以增加产品的风味[24−25]。但随着其添加量的进一步增加，黑糖和木糖醇的添加量减少，产品甜度降低，且木糖醇所具备的清凉感降低高脂带来的油腻感的效果减小，导致复合凝胶软糖油腻感增加，感官评分降低。方差分析结果表明，糖配比对凝胶软糖的感官评分有显著影响（$P<0.01$）。综合考虑，选取糖配比 26∶4∶4（麦芽糖∶木糖醇∶黑糖，质量比）进行后续单因素实验，糖配比 24∶5∶5、26∶4∶4、28∶3∶3 作为正交试验该因素的三个水平。

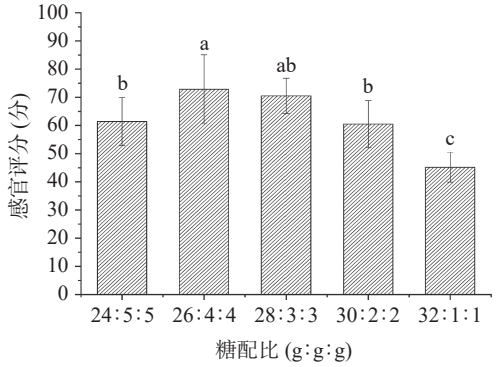

图 1　糖配比对椰子油复合凝胶软糖感官评分的影响

Fig.1　Effect of the sugar ratio on the sensory score of coconut oil complex gel fudge

注：图中不同字母表示差异显著 $P<0.05$，图 2~图 8 同。

2.1.2　果胶复水比对椰子油复合凝胶软糖感官评分的影响　果胶复水比对椰子油复合凝胶软糖感官评分的影响结果如图 2 所示。由图可知，当总胶液添加量一定时，随着果胶占比的减少，凝胶软糖感官评分呈先上升后下降的趋势，在果胶复水比为 9∶1 时感官最佳（75.83±10.32 分），此时凝胶软糖透明度好、不粘手、咀嚼性与弹牙感好、风味良好。这是因为在软糖生产过程中，使用明胶可以增加软糖的弹性、咀嚼性和韧性，但当添加量过高时，软糖会因韧性过高、硬度过大、透明度减少和明胶味过重而使得感官评分降低，需要添加其他凝胶剂进行复配[26−28]。采用果胶与其复配，不仅可以形成更加坚固的网格结构凝胶，还可以提高产品的透明度，有助于改善椰子油凝胶软糖的感官品质[28−30]。方差分析结果表明，果胶复水比对凝胶软糖感官的影响不显著（$P>0.05$）。综合考虑，选取果胶复水比 9∶1（质量比）为单因素实验最优条件，此因素不纳入正交试验并在正交试验中固定为 9∶1。

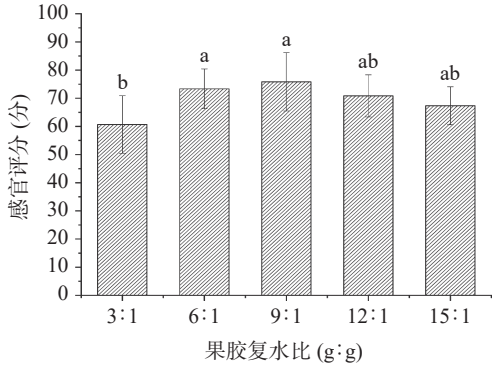

图 2　果胶复水比对椰子油复合凝胶软糖感官评分的影响

Fig.2　Effect of the rehydration rate of pectin on the sensory score of coconut oil complex gel fudge

2.1.3　糖胶比对椰子油复合凝胶软糖感官评分的影响　糖胶比对椰子油复合凝胶软糖感官评分的影响结果如图 3 所示。由图可知，当糖和胶添加总量一

定时，随着糖占比的增加，凝胶软糖感官评分呈先上升后减小的趋势，在糖与胶质量比为 36∶38 时达到最高（78.83±9.69 分），此时软糖甜度适宜、咀嚼性和弹牙感好、粘手感适宜、风味良好。这是因为过高的糖占比，会使软糖的甜度过高，弹性、咀嚼性和韧性变差，进而导致感官评分降低。方差分析结果表明，糖胶比对椰子油凝胶软糖的感官有极显著（P<0.01）影响。综合考虑，选取糖胶比 36∶38（质量比）进行后续单因素实验，糖胶比 34∶40、36∶38、38∶36 作为正交试验该因素的三个水平。

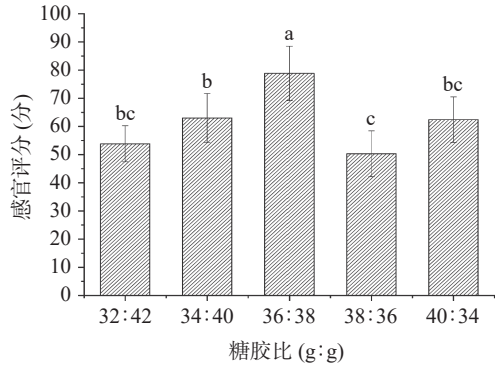

图 3 糖胶比对椰子油复合凝胶软糖感官评分的影响

Fig.3 Effect of the radio of total sugar and total gum on the sensory score of coconut oil complex gel fudge

2.1.4 油与糖胶配比对椰子油复合凝胶软糖感官评分的影响 油与糖胶配比对椰子油复合凝胶软糖感官评分的影响结果如图 4 所示。由图可知，当糖配比、果胶复水比以及糖胶比一定时，随着椰子油添加量的增加，椰子油复合凝胶软糖感官评分呈先上升后下降的趋势，当油与糖胶配比为 10∶74 时感官评分最高（69.17±7.27 分），此时凝胶软糖具有明显的椰香味、透明度高、甜度适宜、咀嚼性和弹牙感好。这是因为椰子油添加量的增加，使软糖的椰香味增强，但当添加量过高时，软糖出现明显的油腻感，导致感官评分降低。方差分析结果表明，椰子油添加量对椰子油复合凝胶软糖的感官有极显著（P<0.01）影响。综合考虑，选取油与糖胶配比 10∶74、14∶70、18∶66 作为正交试验该因素的三个水平。

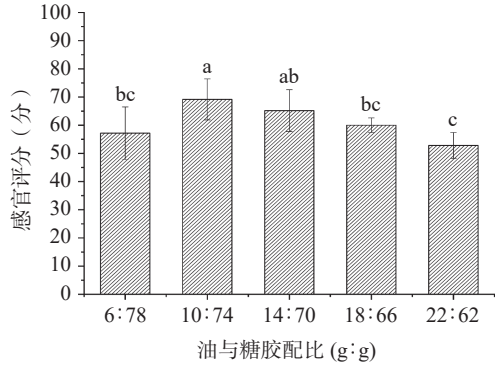

图 4 油与糖胶配比对椰子油复合凝胶软糖感官评分的影响

Fig.4 Effect of the radio of coconut oil and mixture of total sugar and total gum on the sensory score of coconut oil complex gel fudge

2.2 正交试验结果分析

根据单因素实验结果，选用 $L_9(3^4)$ 正交表进行三因素三水平正交试验，优化椰子油复合凝胶软糖制备工艺，结果见表 3 和表 4。

表 3 椰子油复合凝胶软糖的配方优化 $L_9(3^4)$ 正交试验直观分析表

Table 3 Visual analysis table of the $L_9(3^4)$ orthogonal experiment for preparation of coconut oil complex gel fudge

试验号	因素				感官评分(分)
	A 糖配比	B 糖胶比	C 油与糖胶配比	空列	
1	1	1	1	1	63.60
2	1	2	2	2	83.68
3	1	3	3	3	72.16
4	2	1	2	3	61.24
5	2	2	3	1	76.61
6	2	3	1	2	73.78
7	3	1	3	2	36.79
8	3	2	1	3	55.38
9	3	3	2	1	59.12
K_1	219.44	161.63	192.76	199.33	
K_2	211.62	215.67	204.05	194.24	
K_3	151.29	205.06	185.55	188.78	
极差R	61.95	49.13	16.81	9.58	
主次顺序			A>B>C		
优方案			$A_1B_2C_2$		

表 4 椰子油复合凝胶软糖的配方优化正交试验方差分析表

Table 4 Variance analysis table of the orthogonal experiment for preparation of coconut oil complex gel fudge

差异源	平方和SS	自由度df	均方MS	F	显著性
A	927.25	2	463.63	50.05	*
B	546.50	2	273.25	29.50	*
C	57.93	2	28.97	3.13	
误差e	18.53	2	9.26		

注：*表示具有显著性（P <0.05）；$F_{0.01}(2, 2) = 99.00$，$F_{0.05}(2, 2) = 19.00$。

由表 3 直观分析结果可知，影响椰子油复合凝胶软糖制备的因素主次顺序为 A>B>C，即糖配比（A）>糖胶比（B）>油与糖胶配比（C）。表 4 方差分析结果表明，糖配比（A）和糖胶比（B）对椰子油复合凝胶软糖感官评分有显著影响（P<0.05）。在试验设计范围内，得到椰子油复合凝胶软糖的最优配方组合为 $A_1B_2C_2$，即糖配比 24∶5∶5、糖胶比 36∶38、油与糖胶配比 10∶74。在此制备工艺条件下进行验证试验，平行 3 次，制得的椰子油复合凝胶软糖感官评分为（84.22±1.17）分。

2.3 贮藏时间对椰子油复合凝胶软糖质构的影响结果分析

为进一步考察贮藏时间对椰子油复合凝胶软糖质构的影响，以最优配方椰子油复合凝胶软糖为研究对象，通过质构仪对不同贮藏时间凝胶软糖的硬度、弹性、胶黏性、咀嚼性等进行测定，实验结果见图 5~图 8。

2.3.1　贮藏时间对椰子油复合凝胶软糖硬度的影响

贮藏时间对椰子油复合凝胶软糖硬度的影响结果如图 5 所示。由图可知，当环境温度湿度保持稳定不变时，随着贮藏时间的增加，凝胶软糖的硬度总体呈现先稳定后上升的趋势。这是因为在贮藏过程中明胶的网格结构逐渐发生变化，空间结构越加紧密，从而对软糖组织结构产生影响，导致硬度上升[31]。在刚开始贮藏的前 3 d，软糖的硬度变化不明显。此后，随着贮藏时间的延长，软糖硬度逐渐增大，当贮藏第 5 d 时，硬度达到 12.62±0.22 N。方差分析结果表明，贮藏时间对椰子油复合凝胶软糖的硬度有极显著影响（P<0.01）。

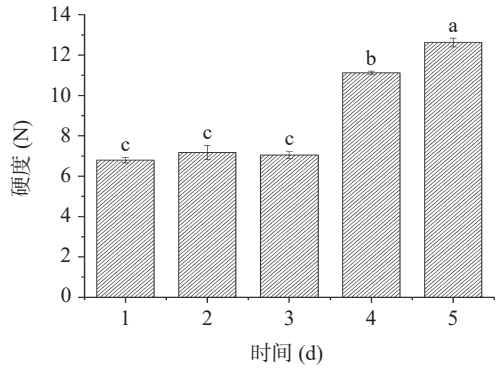

图 5　贮藏时间对椰子油复合凝胶软糖硬度的影响

Fig.5　Effect of storage time on the hardness of coconut oil complex gel fudge

2.3.2　贮藏时间对椰子油复合凝胶软糖弹性的影响

贮藏时间对椰子油复合凝胶软糖弹性的影响结果见图 6。由图可知，当环境温度湿度保持稳定不变时，随贮藏时间的增加，凝胶软糖的弹性总体变化不大，在趋势上呈现小幅度变化。在贮藏时间达到第 5 d 时，椰子油复合凝胶软糖的弹性（6.11±0.89 mm）达到最大。方差分析结果表明，贮藏时间对椰子油复合凝胶软糖的弹性影响不显著（P>0.05）。

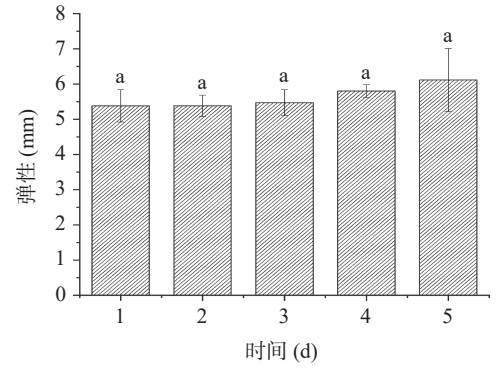

图 6　贮藏时间对椰子油复合凝胶软糖弹性的影响

Fig.6　Effect of storage time on the flexibility of coconut oil complex gel fudge

2.3.3　贮藏时间对椰子油复合凝胶软糖胶黏性的影响　贮藏时间对椰子油复合凝胶软糖胶黏性的影响结果如图 7 所示。由图可知，当环境温度、湿度保持稳定不变时，随贮藏时间的增加，凝胶软糖的胶黏性呈先稳定后上升的趋势。贮藏前 3 d，软糖的胶黏性变化不明显，此后，随着贮藏时间的延长，软糖胶黏性显著上升（P<0.05），当贮藏时间达到第 5 d 时，椰子油复合凝胶软糖胶黏性达到 10.04±0.27 N。方差分析结果表明，贮藏时间对椰子油复合凝胶软糖的胶黏性有极显著影响（P<0.01）。

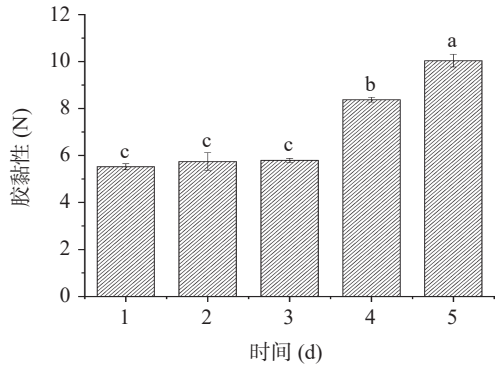

图 7　贮藏时间对椰子油复合凝胶软糖胶黏性的影响

Fig.7　Effect of storage time on the adhesion of coconut oil complex gel fudge

2.3.4　贮藏时间对椰子油复合凝胶软糖咀嚼性的影响　咀嚼性是指将固体样品咀嚼成吞咽状态所需要的能量，贮藏时间对椰子油复合凝胶软糖咀嚼性的影响结果如图 8 所示。由图可知，当环境温度湿度保持稳定不变时，随着贮藏时间的增加，凝胶软糖的咀嚼性呈现先稳定后上升的趋势。当贮藏时间到第 5 d 时，椰子油复合凝胶软糖咀嚼性达到 61.15±7.57 mJ。方差分析结果表明，贮藏时间对椰子油复合凝胶软糖的咀嚼性有极显著影响（P<0.01）。

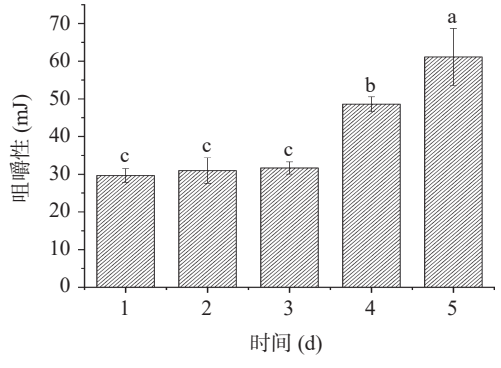

图 8　贮藏时间对椰子油复合凝胶软糖咀嚼性的影响

Fig.8　Effect of storage time on the masticatory of coconut oil complex gel fudge

综上所述，随着贮藏时间的延长，椰子油复合凝胶软糖的硬度、胶黏性、咀嚼性都呈现先稳定后上升的趋势，弹性无大幅度变化。方差分析结果表明，贮藏时间的延长对硬度、胶黏性、咀嚼性均有极显著影响（P<0.01）。以上科学数据可以为更好的保存椰子油复合凝胶软糖以及今后相关凝胶软糖的研发提供基础性数据参考。

3 结论

本研究以初榨椰子油为主要原料，明胶、果胶按照一定比例复配作为复合凝胶剂，麦芽糖、木糖醇、黑糖作为甜味剂，以感官评分为指标，通过单因素实验和正交试验优化了椰子油复合凝胶软糖的配方，并探究了贮藏时间对凝胶软糖质构的影响。结果显示，当糖（麦芽糖∶木糖醇∶黑糖，质量比）配比为 24∶5∶5、糖胶比为 36∶38、油与糖胶配比为 10∶74 时，椰子油复合凝胶软糖的感官评分最好。此时，椰子油添加量为 9.44 g，总糖添加量为 34.00 g，凝胶胶液（明胶∶果胶=7∶3，质量比）添加量为 35.89 g。在此配方下制作的椰子油复合凝胶软糖透明均匀，弹牙感好，具有浓郁椰油香味，感官评分为（84.22±1.17）分。质构仪测试数据发现，随着贮藏时间的延长，软糖的硬度、胶黏性、咀嚼性呈现先持平后增长的趋势。鉴于目前尚无椰子油凝胶软糖制备和猪油糖配方改良相关的研究报道，该研究结果可以用于椰子油凝胶软糖的开发，同时为猪油糖的革新提供理论参考。

参考文献

[1] 左招霞. 猪油糖的制作方法: 中国, CN106106968A[P]. 2016-11-16. [ZUO Zhaoxia. Preparation of lard soft candy: China, CN106106968A[P]. 2016-11-16.]

[2] PILZ S, SCHARNAG H, TIRAN B, et al. Mo-P1: 118 Free fatty acids are independently associated with all-cause and cardiovascular mortality in subjects with coronary artery disease[J]. Atherosclerosis Supplements, 2006, 7(3): 72.

[3] ZHU A S, ZHAO J Z, WANG S Z, et al. Different postprandial metabolic patterns after the consumption of fish oil and lard in healthy Chinese individuals[J]. Nutrition Clinique et Métabolisme, 2017, 31(2): 134−139.

[4] 温海燕, 钱敏, 王颖. 孕期尼古丁暴露、高脂饮食和性别三种因素在胎源性高胆固醇血症发生过程中的交互作用研究[J]. 中国妇幼保健, 2017, 32(21): 5418−5421. [WEN Haiyan, QIAN Min, WANG Ying. Study on the interaction of nicotine exposure during pregnancy, high-fat diet and gender in the development of fetal hypercholesterolemia[J]. Maternal and Child Health Care of China, 2017, 32(21): 5418−5421.]

[5] AL-RASHOOD K A, ABOU-SHAABAN R R A, ABDEL-MOETY E M, et al. Compositional and thermal characterization of genuine and randomized lard: A comparative study[J]. Journal of the American Oil Chemists' Society, 1996, 73(3): 303−309.

[6] CHEN Yu. 11 个优良无性系油茶果中油脂的品质分析与评价[D]. 广州: 华南农业大学, 2017. [CHEN Yu. Analysis and evaluation of the quality of oil in 11 excellent clones[D]. Guangzhou: South China Agricultural University, 2017.]

[7] 卢琨, 侯媛媛. 海南省椰子产业分析与发展路径研究[J]. 广东农业科学, 2020, 47(6): 145−151. [LU Kun, HOU Yuanyuan. Analysis and development path of coconut industry in Hainan province[J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2020, 47(6): 145−151.]

[8] 张建国, 李瑞, 宋晨也, 等. 初榨椰子油品质特征及其健康功效研究的进展[J]. 中国油脂, 2022, 47(12): 7. [ZHANG Jianguo, LI Rui, SONG Chenye, et al. Research progress on quality characteristics and health benefit of virgin coconut oil[J]. China Oils and Fats, 2022, 47(12): 7.]

[9] 韩冰, 张天琪, 郑野, 等. 椰子油的功能应用及掺假检测研究进展[J]. 粮食与油脂, 2022, 35(9): 1−3. [HAN Bing, ZHANG Tianqi, ZHENG Ye, et al. Research progress on functional application and adulteration detection of coconut oil[J]. Cereals and Oils, 2022, 35(9): 1−3.]

[10] ALYAMANI S, ALKHATIB M, ABDU F. Coconut oil nanoemulsion attenuates methotrexate-induced hepatotoxicity and nephrotoxicity in Ehrlich ascites carcinoma-bearing mice[J]. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, 2020, 10(12): 540−546.

[11] 郭方兴, 董波, 韩振中, 等. 椰子油对变形链球菌抑菌作用的体外研究[J]. 中国微生态学杂志, 2017, 29(3): 296−300. [GUO Fangxing, DONG Bo, HAN Zhenzhong, et al. The inhibitory effect of coconut oil on *Streptococcus mutans in vitro*[J]. Chinese Journal of Microecology, 2017, 29(3): 296−300.]

[12] MOHAMMED N K, SAMIR Z T, JASSIM M A, et al. Effect of different extraction methods on physicochemical properties, antioxidant activity, of virgin coconut oil[J]. Materials Today: Proceedings, 2021, 42(5): 2000−2005.

[13] 严思思, 刘翔燕, 张琳玉, 等. 膳食油脂与非酒精性脂肪肝病形成相关研究进展[J]. 中国油脂, 2021, 46(6): 76−84. [YAN Sisi, LIU Xiangyan, ZHANG Linyu, et al. Advance in relationship between dietary oil and nonalcoholic fatty liver disease[J]. China Oils and Fats, 2021, 46(6): 76−84.]

[14] NDIFE J, OBOT D, ABASIEKONG K. Quality evaluation of coconut (*Cocos nucifera* L.) oils produced by different extraction methods[J]. Asian Food Science Journal, 2019, 8(4): 1−10.

[15] 沈晓君, 李瑞, 邓福明, 等. 初榨椰子油在烘焙食品中的应用[J]. 中国油脂, 2019, 44(8): 147−149. [SHEN Xiaojun, LI Rui, DENG Fuming, et al. Application of virgin coconut oil in baking field[J]. China Oils and Fats, 2019, 44(8): 147−149.]

[16] 叶金磊. 功能性油脂凝胶软糖的 3D 打印技术研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2019. [YE Jinlei. Research on 3D printing technology of jelly sweets loaded with functional oil[D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2019.]

[17] 刘倩婷, 杨映慈, 廖芸艺, 等. 利用木糖醇和山梨糖醇开发无糖凝胶糖果[J]. 农产品加工, 2020(6): 6−10. [LIU Qianting, YANG Yingci, LIAO Yunyi, et al. Sugar-free gelatin candy exploration with xylitol and sorbitol[J]. Farm Products Processing, 2020(6): 6−10.]

[18] 陈吉江, 王立艳, 丁庆波, 等. 功能性无糖凝胶软糖的研制[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(1): 68−71. [CHEN Jijiang, WANG Liyan, DING Qingbo, et al. Study on functional sugar-free gelatinized confections[J]. Food Research and Development, 2016, 37(1): 68−71.]

[19] 王艳宏, 栾宁, 樊建, 等. 中药功能性软糖的研究进展[J]. 中国中药杂志, 2019, 44(24): 5345−5351. [WANG Yanhong, LUAN Ning, FAN Jian, et al. Research progress on functional soft candy of traditional Chinese medicine[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2019, 44(24): 5345−5351.]

[20] 马方励, 肖俊勇, 从仁怀, 等. 一种油脂凝胶软糖及其制备方法: 中国, CN109123033A[P]. 2019-1-4. [MA Fangli, XIAO Junyong, CONG Renhuai, et al. Oil gel jelly and its preparation method: China, CN109123033A[P]. 2019-1-4.]

[21] 王晓婧. 卡拉胶-明胶凝胶特性及其复配的研究与应用[D]. 天津: 天津科技大学, 2017. [WANG Xiaojing. Study on gel properties of carrageenan-gelatin combination and its application[D]. Tianjin: Tianjin University of Science and Technology, 2017.]

[22] 于浩, 徐晓飞, 俞经虎. 明胶软糖的感官评价与质构分析研究[J]. 食品科技, 2018, 43(10): 316−319. [YU Hao, XU Xiaofei, YU Jinghu. Sensory evaluation and texture analysis of gelatin[J].

Food Science and Technology, 2018, 43(10): 316−319.］
［23］ 李丹丹, 李汴生, 阮征. 凝胶软糖质构特性的感官评定与仪器分析研究[J]. 食品工业, 2011, 32(7): 47−49. ［LI Dandan, LI Biansheng, RUAN Zheng. Study on sensory evaluation and instrumental measurement of texture characteristics of gel candies[J]. The Food Industry, 2011, 32(7): 47−49.］
［24］ 赵光辉, 修秀红, 李玉珍. 麦芽糖及麦芽糖醇的生产与应用[J]. 中国食品添加剂, 2011(z1): 115−118. ［ZHAO Guanghui, XIU Xiuhong, LI Yuzhen. The production and application of maltose and maltitol[J]. China Food Additives, 2011(z1): 115−118.］
［25］ 张恩彦. 麦芽糖及其制备方法: 中国, CN109943607A[P]. 2019-06-28. ［ZHANG Enyan. Maltose and its preparation method: China, CN109943607A[P]. 2019-06-28.］
［26］ 徐晓飞, 陈少洁, 刘玮, 等. 不同来源明胶软糖质构的研究[J]. 中国食品添加剂, 2017(11): 107−112. ［XU Xiaofei, CHEN Shaojie, LIU Wei, et al. Texture of gelatin gummy from different sources of gelatin[J]. China Food Additives, 2017(11): 107−112.］
［27］ 吕淑一, 钟芳, 李玥, 等. 凝胶软糖配方的优化研究[J]. 食品工业科技, 2013, 34(9): 193−197. ［LÜ Shuyi, ZHONG Fang, LI Yue, et al. Study on recipe optimization of gelatin soft sweets[J]. Science and Technology of Food Industry, 2013, 34(9): 193−197.］
［28］ 洪亚男. 豆腐柴叶果胶的提取及其理化特性研究[D]. 杭州: 浙江工商大学, 2018. ［HONG Yanan. Extraction and characterization of pectin from *Premna microphylls turcz* leaves[D]. Hangzhou: Zhejiang Gongshang University, 2018.］
［29］ 马卓. 凝胶软糖质构影响因素及品质分析[D]. 延边: 延边大学, 2017. ［MA Zhuo. The influence factors and quality analysis of jelly soft sugar[D]. Yanbian: Yanbian University, 2017.］
［30］ 陈洋泰, 张织芬, 樊亚鸣, 等. 岭南风味天然保健型凝胶软糖工艺优化[J]. 食品科学, 2011, 32(16): 113−116. ［CHEN Yangtai, ZHANG Zhifen, FAN Yaming, et al. Optimization of preparation process for natural nutritional jelly sweets with Lingnan flavor[J]. Food Science, 2011, 32(16): 113−116.］
［31］ 符秀敏. 明胶软糖的质构仪分析与感官评定研究[J]. 中国食物与营养, 2019, 25(5): 33−36. ［FU Xiumin. Texture analyzer analysis and sensory evaluation on gelatin gummy[J]. Food and Nutrition in China, 2019, 25(5): 33−36.］