

# 柠檬果胶凝胶脂肪替代物对曲奇加工性能及品质的影响

何雨婕<sup>1,2</sup>, 张巧<sup>1,3,4</sup>, 李贤<sup>1,3,4</sup>, 雷激<sup>1,3,4</sup>

(1. 西华大学食品与生物工程学院, 成都 610039; 2. 广汉市迈德乐食品有限公司 四川省牛油加工工程技术研究中心, 四川 广汉 618305; 3. 川渝共建特色食品重庆市重点实验室, 成都 610039; 4. 食品微生物四川省重点实验室, 成都 610039)

**摘要:**旨在为生产一款低脂曲奇提供依据, 针对传统曲奇脂肪含量高的问题, 以柠檬果胶及羧甲基纤维素钠复配制备的凝胶为原料制备脂肪替代物, 考察其部分取代(0%~30%)黄油后对曲奇加工性能及品质的影响。结果表明: 添加与不添加脂肪替代物黄油的融化区间均在40℃以内, 提示脂肪替代物的取代不会改变黄油的入口即化感; 添加脂肪替代物后曲奇面团失重率降低, 热稳定性提高, 糊化温度升高但不会影响面团的糊化, 结合曲奇面团流变性指标确定最佳的脂肪取代率为25%, 以此制备减脂曲奇; 扫描电镜结果显示减脂曲奇的截面气孔有所减小, 脂肪取代前后曲奇的质构及感官指标没有显著差异( $p > 0.05$ ); 通过脂肪替代使曲奇脂肪含量和热量分别降低了21.06%和7.62%。综上, 柠檬果胶凝胶适量取代黄油后不会影响曲奇的加工性能和品质, 并且可有效降低其脂肪含量和总能量, 具有在曲奇等高脂烘焙食品制备中的脂肪替代潜力。

**关键词:**柠檬果胶; 果胶凝胶; 脂肪替代物; 黄油; 曲奇

中图分类号: TS225.6; TS221 文献标识码: A 文章编号: 1003-7969(2024)08-0137-07

## Effect of lemon pectin gel fat substitutes on processing property and quality of cookies

HE Yujie<sup>1,2</sup>, ZHANG Qiao<sup>1,3,4</sup>, LI Xian<sup>1,3,4</sup>, LEI Ji<sup>1,3,4</sup>

(1. College of Food Science and Biological Engineering, Xihua University, Chengdu 610039, China; 2. Sichuan Beef Tallow Processing Engineering Technology Research Center, Guanghan Medele Food Co., Ltd., Guanghan 618305, Sichuan, China; 3. Chongqing Key Laboratory of Speciality Food Co - Built by Sichuan and Chongqing, Chengdu 610039, China; 4. Food Microbiology Key Laboratory of Sichuan Province, Chengdu 610039, China)

**Abstract:** In order to provide a basis for producing low fat cookies, due to the problem of high fat content in traditional cookies, gel prepared with lemon pectin and carboxymethylcellulose sodium as raw materials was used to prepare a fat substitute, and its effect on the processing property and quality of cookies after replacing part of the butter(0% - 30%) was discussed. The results showed that the melting range of the butter with or without fat substitutes was within 40℃, suggesting that the addition of fat substitutes did not alter the melt-in-the-mouth feel of the butter. After the substitution of fat substitutes, the weight loss ratio of the cookie dough was reduced, the thermal stability was improved, and the gelatinization temperature increased but did not affect the gelatinization of the dough. The optimum fat substitution ratio

was determined to be 25% in combination with the rheological characteristics of the dough, thus producing fat-reduced cookies. Scanning electron microscopy showed a reduction in the cross-sectional porosity of the fat-reduced cookies, and the texture and sensory analysis of the cookies

收稿日期: 2023-03-17; 修回日期: 2024-03-30

基金项目: 四川省科技厅重大项目(2020YFN0149)

作者简介: 何雨婕(1997), 女, 硕士研究生, 研究方向为食品科学(E-mail) 1075352054@qq.com。

通信作者: 雷激, 教授, 博士(E-mail) 121175698@qq.com。

showed nonsignificant difference before and after fat substitution ( $p > 0.05$ ). The fat content and energy of the cookies were reduced by 21.06% and 7.62% respectively through fat substitution. To sum up, lemon pectin gel will not affect the processing performance and quality of cookies after substituting butter properly, and can effectively reduce its fat content and total energy, which has the potential for fat substitutes in the preparation of high-fat baked goods such as cookies.

**Key words:** lemon pectin; pectin gel; fat substitute; butter; cookies

曲奇作为酥性饼干的代表,具有高脂高糖高热量的特点<sup>[1]</sup>,其所用油脂大部分为黄油。曲奇中黄油含量高达30%~40%,黄油在烘焙过程中通过夹带气泡来改善烘焙食品的内部结构<sup>[2]</sup>,提高曲奇的酥脆口感、风味以及延展性<sup>[3]</sup>。作为一款深受大众喜爱的烘焙食品,曲奇也常因为其高脂高糖让很多人望而却步,因此如何在降低曲奇中脂肪含量的同时又能维持曲奇固有品质成为曲奇降脂的关键。

脂肪替代物是指一类加入食品后,使食品能量降低,但不改变其感官品质和质构特征的物质,近年来被用作黄油的替代物逐渐应用于曲奇中。Laguna等<sup>[4]</sup>分别将菊粉和羟甲基纤维素制备的脂肪替代物用于取代曲奇中的黄油,发现取代率为15%时曲奇的感官仍可接受。Majeed等<sup>[5]</sup>将果胶及香蕉粉作为脂肪替代物加入曲奇中替代黄油,结果显示脂肪替代物可使曲奇脂肪含量降低,且制备的曲奇颜色和质地更好。Min等<sup>[6]</sup>将从苹果渣中提取的水溶性果胶制成脂肪替代物添加至曲奇中,发现取代率为30%时,有助于曲奇获得更柔软的质地和更浅的表面颜色。但是这些研究对于最佳取代率的筛选均是基于感官得出的结论,通过探究脂肪替代物对曲奇面团加工性能的影响并筛选脂肪替代物的研究报道很少,而烘焙过程中面团的流变性是决定烘焙制品最终品质的关键因素之一<sup>[7]</sup>。

柠檬果胶相较于其他果胶,具有酯化度高、色泽好、胶凝性强的优点<sup>[8]</sup>,但目前未见将柠檬果胶作为脂肪替代物应用于曲奇中的研究报道,故本试验拟用柠檬果胶与羧甲基纤维素钠(CMC)复配制备的脂肪替代物替代部分黄油用于曲奇的制备,并结合复配黄油熔点、面团热重、面团糊化特性及面团流变性判断最佳取代率,以期生产一款减脂曲奇提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

#### 1.1.1 原料与试剂

柠檬皮渣,自制;安佳黄油,新加坡商永纽股份

有限公司台湾分公司;低筋面粉、蔗糖,安琪酵母股份有限公司;牛奶,内蒙古蒙牛乳业(集团)股份有限公司;食盐,江苏苏盐井神股份有限公司;95%乙醇(分析纯),成都市科隆化学品有限公司;无水柠檬酸,潍坊英轩实业有限公司;羧甲基纤维素钠(CMC),上海长光企业发展有限公司。

#### 1.1.2 仪器与设备

TA-XT Plus 质构仪,英国 Stable Micro System 有限公司;MCR302 流变仪,奥地利安东帕(中国)有限公司;T18 Digital 自动匀浆机,上海凌仪生物科技有限公司;差示扫描量热仪,梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司;HH-4 水浴锅,常州普天仪器制造有限公司;DDQ-B01K1 打蛋器,小熊电器股份有限公司;DTG-60 差热热重同步分析仪,岛津企业管理(中国)有限公司;Supra 55 扫描电子显微镜(SEM),卡尔蔡司股份公司;PT2531 美的家用烤箱,美的集团有限公司;FDU-1200 冷冻干燥机,上海尤尼科仪器有限公司;数显式 pH 计,成都世纪方舟科技有限公司;SB-5200DTN 超声清洗机,宁波新芝生物科技股份有限公司。

## 1.2 试验方法

### 1.2.1 柠檬果胶的制备

参考刘江等<sup>[9]</sup>的方法对柠檬皮渣进行干燥制备柠檬干渣,再采用超声辅助柠檬酸提取法<sup>[10]</sup>制备柠檬果胶。称取一定质量的柠檬干渣,按照料液比1:25加入pH 2.0的柠檬酸溶液,在70℃水浴中超声提取20 min,并不断搅拌,使果胶充分析出,再加入95%乙醇沉淀,分离沉淀,并用95%乙醇洗涤沉淀2~3次,再将沉淀置于50℃烘箱中干燥至恒重,粉碎后即得柠檬果胶(按文献[10]的方法测定其酯化度为68.11%,属高酯果胶)。

### 1.2.2 柠檬果胶凝胶脂肪替代物(简称“脂肪替代物”)的制备

参考赵锦妆<sup>[11]</sup>、刘贺<sup>[12]</sup>等方法并稍作修改制备脂肪替代物。控制复配体系总质量,根据柠檬果胶添加量1.8%、CMC添加量0.4%、蔗糖添加量68%制备凝胶。将柠檬果胶及CMC混合后用去离

子水溶解,在80℃下水浴30 min后用质量分数为12.5%的柠檬酸调节其pH至2.7,加入蔗糖,80℃水浴溶化,冷却胶凝后,用高速剪切机在12 000 r/min下高速剪切5 min进行微粒化处理,即得到脂肪替代物。

### 1.2.3 复配黄油的制备

参考李红娟等<sup>[13]</sup>的方法并稍作修改制备复配黄油。通过前期预试验得到脂肪取代率应小于30%,将黄油加热溶化,以黄油质量的0%、10%、20%、30%加入脂肪替代物取代相应质量的黄油,用匀浆机以20 000 r/min均质乳化至完全融合,然后在4℃冰箱中平衡24 h,即得到复配黄油。

### 1.2.4 曲奇面团的制备及焙烤

将复配黄油软化后,加入蔗糖、牛奶、盐,用打蛋器打发至发白的羽化状,然后筛入低筋面粉,用硅胶刮刀斩拌至无干粉且表面均匀平滑,即得到曲奇面团。曲奇面团的具体配方参数如表1所示。将制备好的曲奇面团挤入裱花袋内,在烤盘上挤至成型(直径约为3 cm,厚度约为0.5 cm),放入170℃预热好的烤箱中,上、下火170℃烘烤22 min,得到成品曲奇。

表1 曲奇面团的配方参数

脂肪取代率/%	脂肪		蔗糖/g	牛奶/g	盐/g	低筋面粉/g
	黄油/g	脂肪替代物/g				
0	50	0	25.0	12.5	0.3	75
10	45	5	21.6	12.5	0.3	75
20	40	10	18.2	12.5	0.3	75
22	39	11	17.5	12.5	0.3	75
24	38	12	16.8	12.5	0.3	75
26	37	13	16.2	12.5	0.3	75
28	36	14	15.5	12.5	0.3	75
30	35	15	14.8	12.5	0.3	75

注:添加脂肪替代物的配方中蔗糖添加量需减去脂肪替代物中蔗糖含量,以使面团中总蔗糖量保持不变

### 1.2.5 复配黄油熔点测定

参考赵锦妆<sup>[11]</sup>的方法,采用差示扫描量热仪测定复配黄油的熔点。称取5 mg复配黄油于坩埚中,密封后,放入差示扫描量热仪,设置温度,使其从10℃以5℃/min的升温速率升至60℃,绘制复配黄油的熔化曲线。

### 1.2.6 曲奇面团热稳定性分析

参考李诗义<sup>[14]</sup>的方法并稍作修改,采用DTG-60差热热重同步分析仪对曲奇面团的热稳定性进

行分析。将3~5 mg冻干(冻干条件为冻干温度-40℃,冻干时间24 h)曲奇面团放入氧化铝坩埚中,置于差热热重同步分析仪中,绘制热重曲线。分析条件:温度25~500℃,升温速率10℃/min,吹扫气体为氮气,流速40 mL/min。

### 1.2.7 曲奇面团糊化特性测定

参考张静祎<sup>[15]</sup>的方法并稍作修改测定曲奇面团的糊化特性。称取4 mg冻干曲奇面团(冻干条件同1.2.6)于标准铝制坩埚中,按照料液质量比1:3加入去离子水,密封后于室温下平衡24 h后用差示扫描量热仪进行测定,得到面团糊化特性相关数据。测定条件:保护气体为氮气,流速40 mL/min;温度25~150℃;升温速率10℃/min。以空铝制坩埚作为对照。

### 1.2.8 曲奇面团流变性测定

参考韩冰霜等<sup>[16]</sup>的方法并稍作修改测定曲奇面团的流变性。将制备的曲奇面团于室温下静置30 min后用流变仪测定其储能模量( $G'$ )、损耗模量( $G''$ )及损耗正切值( $\tan\delta$ ,  $\tan\delta = G''/G'$ <sup>[17]</sup>),分析脂肪取代率对面团黏弹性的影响。测试条件:采用平板-平板系统,平板直径25 mm,测试间距1 mm,振荡频率0.1~10 Hz,应变0.5%,温度25℃。

### 1.2.9 曲奇质构测定

参考王颖周等<sup>[18]</sup>的方法,采用TA-XT Plus质构仪测定曲奇的硬度、胶黏性、咀嚼性。测定条件:采用P36R探头,测定前速度2 mm/s,测定速度1 mm/s,测定后速度2 mm/s,两次压缩之间停留的时间5 s,压缩率60%。

### 1.2.10 曲奇感官评价

按照GB/T 20980—2021的要求从形态、色泽、滋味与口感、组织4个方面对曲奇进行感官评价。由10名食品科学与工程专业学生(5男5女,20~30岁)组成感官评分小组,采用100分嗜好型感官检验法对曲奇进行感官评价,曲奇感官评分为各项评价指标均值的总和,感官评分大于80分定义为优,60~80分定义为良,小于60分定义为差。感官评价具体评分标准参考文献[19-20]并稍作修改,见表2。

表2 感官评价标准

评价指标	评价标准	得分
形态 (25分)	外观整齐平滑且表面无生粉,造型均匀	16~25
	外观较整齐平滑,造型较均匀	6~15
	外观不整齐平滑,造型不均匀	0~5

续表 2

评价指标	评价标准	得分
色泽 (25分)	表面呈现金黄色,色泽均匀,无过白、过焦现象	16~25
	有较好的金黄色,颜色分布较为均匀,无过白、过焦现象	6~15
	无应有的金黄色,颜色分布不均匀,有过白、过焦现象	0~5
滋味 与口感 (25分)	口感酥脆,具有曲奇特有的风味,无异味	16~25
	口感较酥脆,具有曲奇特有的风味,无异味	6~15
	口感偏硬,曲奇特有风味不明显,有酸味	0~5
组织 (25分)	断面结构呈现细密的多孔状,无较大孔洞	16~25
	断面结构呈现较细密的多孔状,无较大孔洞	6~15
	断面结构较粗糙,有较大的孔洞	0~5

### 1.2.11 曲奇电镜扫描测定

参考陆林<sup>[21]</sup>的方法并稍作修改,使用 SEM 观察曲奇的微观结构。将曲奇切成小块(厚度 1~2 mm),保留完整截面,然后将其放置于石油醚中浸泡 6~8 h,期间每 2 h 更换一次溶剂,直至溶剂不再发黄后,将其放置于通风橱中以挥发掉多余的石油醚,然后进行冻干处理。将冻干后的样品在真空条件下通过离子溅射喷金后,于 3 kV 加速电压下观察,放大倍数为 200 倍。

### 1.2.12 曲奇能量计算

参考曲奇配方中各配料的营养标签计算曲奇的热量及脂肪含量。

### 1.2.13 统计分析

采用 SPSS 25.0 进行单因素方差分析及多重比较、独立样本 *t* 检验( $p < 0.05$  为差异有统计学意义),试验结果用“均值  $\pm$  标准差( $\bar{x} \pm s$ )”表示,采用 Origin 2018 进行绘图。

## 2 结果与分析

### 2.1 脂肪替代物的取代对黄油熔点的影响

不同脂肪替代物取代率复配黄油的熔化曲线如图 1 所示,其熔化峰的峰值温度如表 3 所示。

由图 1 可看出,脂肪取代率为 0%、10%、20% 和 30% 的复配黄油的熔化曲线均有 4 个吸热峰,其中在 10~20℃ 之间有 2 个吸热峰(I、II),在 25~40℃ 之间有 2 个吸热峰(III、IV),且后 2 个吸热峰峰形较宽。由表 3 可知,4 种复配黄油 4 个峰的峰值温度无明显差异,熔化区间均在 40℃ 以内,说明

均可在口腔温度下基本融化,即脂肪替代物的取代未改变黄油的入口即化感。

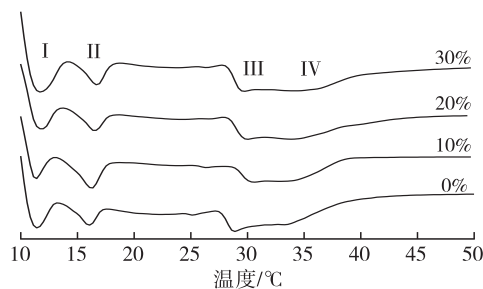


图 1 不同脂肪替代物取代率复配黄油的熔化曲线

表 3 不同脂肪替代物取代率复配黄油熔化峰的峰值温度

脂肪取代率/%	峰 I/°C	峰 II/°C	峰 III/°C	峰 IV/°C
0	11.48	16.01	28.87	33.29
10	11.31	16.23	30.42	33.87
20	11.81	16.52	29.98	33.92
30	11.67	16.71	29.71	34.34

### 2.2 脂肪替代物的取代对曲奇面团热稳定性的影响

热重分析可用于研究物质的热稳定性,测量食品在加工和生产过程中发生的质量变化<sup>[22]</sup>。不同脂肪取代率的曲奇面团热重曲线如图 2 所示,其终温失重率见表 4。

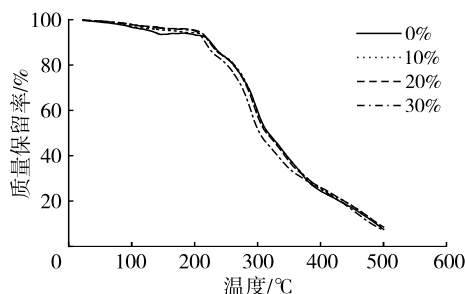


图 2 不同脂肪取代率的曲奇面团的热重曲线

表 4 不同脂肪取代率的曲奇面团的终温失重率

脂肪取代率/%	终温失重率/%
0	93.50 $\pm$ 1.40 <sup>b</sup>
10	93.40 $\pm$ 1.36 <sup>b</sup>
20	91.44 $\pm$ 0.14 <sup>a</sup>
30	92.40 $\pm$ 0.41 <sup>ab</sup>

注:同列不同小写字母表示差异显著( $p < 0.05$ )。下同

由图 2、表 4 可看出,当脂肪取代率为 20%、30% 时,曲奇面团终温失重率显著小于未添加脂肪替代物的,这主要是由于脂肪替代物中的 CMC 及果胶均具有强的持水力,能够增强面团内部氢键作用力和疏水键作用力<sup>[23]</sup>,使面团中结合水的蒸发受到限制<sup>[24]</sup>,从而提高了面团的热稳定性。

### 2.3 脂肪替代物的取代对曲奇面团糊化特性的影响

不同脂肪取代率的曲奇面团的糊化特性如表5所示。

表5 不同脂肪取代率的曲奇面团的糊化特性

脂肪取代率/%	起始温度/℃	峰值温度/℃	终止温度/℃	热焓/(J/g)
0	100.24 ± 0.29 <sup>a</sup>	108.85 ± 0.86 <sup>a</sup>	122.84 ± 3.57 <sup>a</sup>	735.04 ± 34.46 <sup>a</sup>
10	101.39 ± 0.26 <sup>b</sup>	111.16 ± 1.72 <sup>a</sup>	127.78 ± 1.21 <sup>b</sup>	877.24 ± 63.60 <sup>b</sup>
20	102.11 ± 0.27 <sup>b</sup>	114.23 ± 0.52 <sup>b</sup>	131.15 ± 1.46 <sup>bc</sup>	963.64 ± 11.81 <sup>c</sup>
30	102.38 ± 0.73 <sup>b</sup>	114.26 ± 1.78 <sup>b</sup>	134.91 ± 1.44 <sup>c</sup>	1012.23 ± 35.53 <sup>c</sup>

由表5可看出,与未添加脂肪替代物的曲奇面团相比,添加了脂肪替代物的曲奇面团糊化温度及热焓总体显著升高,说明脂肪替代物对低筋面粉的膨胀和糊化具有一定的抑制作用,可能是由于糊化过程中亲水胶体与淀粉分子之间存在相互作用,即

柠檬果胶及CMC与淀粉颗粒之间的吸水竞争抑制了淀粉颗粒的膨胀,从而提高了糊化温度<sup>[25]</sup>,这与翟羽恒<sup>[26]</sup>的研究结果一致。由表5还可看出,当脂肪取代率超过20%时,面团的糊化温度及热焓上升不显著,这可能是因为在体系中水分子数量有限,此时水分子自由度下降且接近极限所致<sup>[27]</sup>。另外,曲奇的烘焙温度(170℃)能够满足不同脂肪取代率的曲奇面团的糊化。

综上,将脂肪取代率范围定为20%~30%,在此基础上按照脂肪取代率20%、22%、24%、26%、28%、30%替代黄油并制备曲奇面团,进行后续研究。

### 2.4 脂肪替代物的取代对曲奇面团流变性的影响

不同脂肪取代率的曲奇面团流变性测定结果如图3所示。

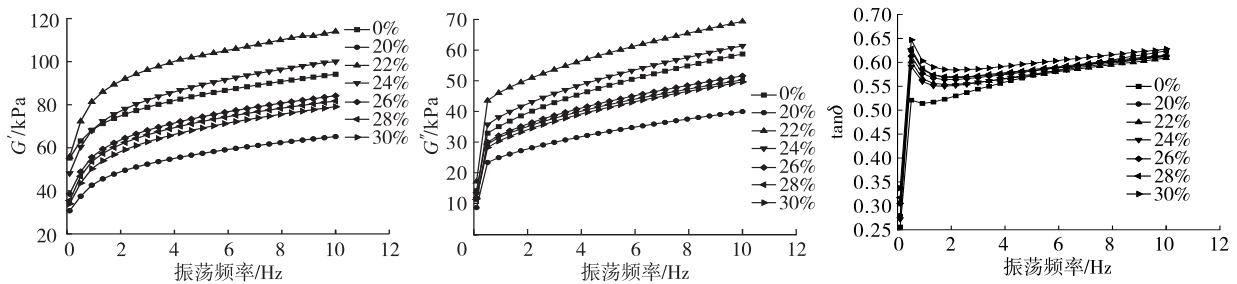


图3 振荡频率对不同脂肪取代率曲奇面团 $G'$ 、 $G''$ 及 $\tan\delta$ 的影响

由图3可以看出,随着振荡频率的增加,面团的 $G'$ 及 $G''$ 均逐渐增大,说明面团的 $G'$ 及 $G''$ 具有频率依赖性<sup>[28]</sup>。随着脂肪取代率的增加,面团的 $G'$ 及 $G''$ 均呈现先降低后增大再降低的趋势,其中脂肪取代率为22%、24%时,面团的 $G'$ 及 $G''$ 均高于未添加脂肪替代物的,说明适当添加脂肪替代物使面团黏弹性增加<sup>[29]</sup>,脂肪取代率为24%、26%的面团的 $G'$ 及 $G''$ 与未添加脂肪替代物面团的差异最小。由图3还可看出,所有面团的 $\tan\delta$ 均小于1,但添加脂肪替代物可提高面团的 $\tan\delta$ ,说明黏性对于样品的黏弹性贡献程度增加,这主要是由于脂肪替代物呈酸性,在酸性环境下,面筋蛋白质分子间的静电排斥作用增强,从而减弱面筋网络的强度,使面团的柔软性提高<sup>[30]</sup>。综上,未添加脂肪替代物面团的流变性曲线( $G'$ 及 $G''$ )介于脂肪替代物取代率24%与26%之间,最终将脂肪取代率确定为25%。

### 2.5 脂肪替代物的取代对曲奇质构的影响

通过上述试验优化出的配方(脂肪取代率为25%,即黄油37.5g、脂肪替代物12.5g、蔗糖16.5g、牛奶12.5g、盐0.3g、低筋面粉75g),参考1.2.4

的方法制备减脂曲奇,并与未进行脂肪替代制备的常规曲奇,按1.2.9的方法分别进行质构分析,结果见表6。

表6 曲奇的质构结果( $n=6$ )

样品	硬度	胶黏性	咀嚼性
常规曲奇	5 748.50 ± 196.90	36.32 ± 2.53	73.96 ± 0.44
减脂曲奇	6 399.11 ± 98.73	43.16 ± 0.91	86.53 ± 1.00

由表6可看出,减脂曲奇的硬度较常规曲奇的大,这可能与减脂曲奇中的脂肪含量减少有关,当食物中的脂肪含量减少时,脂肪-脂肪、脂肪-蛋白质和脂肪-多糖之间的相互作用减少,曲奇的弹性和脆性增大,产品具有高硬度<sup>[31]</sup>。胶黏性是指曲奇饼干内部的结合力,反映了曲奇饼干在人们咀嚼时抵抗受损并保持完整的性质;咀嚼性反映曲奇饼干对牙齿咀嚼的抵抗力,咀嚼性越大,饼干越难被嚼碎,越缺乏酥松的口感<sup>[32]</sup>。减脂曲奇的胶黏性和咀嚼性均较常规曲奇的大。通过独立样本 $t$ 检验对两种曲奇进行比较,结果表明,常规曲奇与减脂曲奇各个质构指标差异不显著( $p > 0.05$ ),说明脂肪替代物的适量添加对曲奇质构的影响不大。

## 2.6 脂肪替代物的取代对曲奇感官的影响

对按 2.5 制备的减脂曲奇与常规曲奇进行感官

评价,结果见表 7。

表 7 曲奇的感官评分 ( $n=10$ )

样品	形态	色泽	滋味与口感	组织	总分
常规曲奇	22.05 ± 0.55	20.15 ± 0.78	20.85 ± 0.67	19.15 ± 0.58	82.20 ± 1.21
减脂曲奇	22.55 ± 0.64	17.60 ± 0.70	18.45 ± 0.98	21.70 ± 0.79	80.30 ± 1.72

由表 7 可看出,常规曲奇与减脂曲奇感官评分均大于 80 分,达到优水平,通过独立样本  $t$  检验对两种曲奇进行比较发现,常规曲奇与减脂曲奇各个感官指标差异不显著 ( $p > 0.05$ ),与质构结果一致。

## 2.7 脂肪替代物的取代对曲奇微观结构的影响

常规曲奇与减脂曲奇的 SEM 图如图 4 所示。

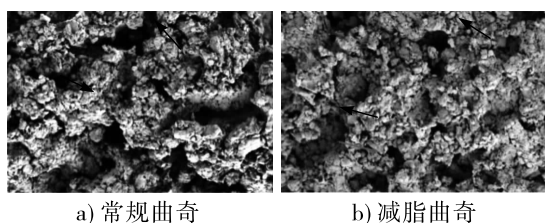


图 4 曲奇的 SEM 图

由图 4 可看出,减脂曲奇的气孔比常规曲奇的小,常规曲奇较减脂曲奇出现更多的孔洞及分散结构。曲奇的气孔主要是由于在烘焙开始时,水分蒸发后形成了较大的蒸汽压,破坏了曲奇内部的组织结构而产生的<sup>[33]</sup>。曲奇截面孔洞越大,说明曲奇保持气泡稳定性及数量的能力较强,曲奇口感更酥脆,此结果与质构及感官试验结果一致。

## 2.8 脂肪替代物的取代对曲奇能量的影响

常规曲奇与减脂曲奇的脂肪含量及热量见表 8。

表 8 曲奇的脂肪含量及热量

样品	脂肪/(g/100 g)	热量/(kJ/100 g)
常规曲奇	26.12	1 908.00
减脂曲奇	20.62	1 762.67

由表 8 可看出,常规曲奇与减脂曲奇脂肪含量相差较大,减脂曲奇脂肪含量由常规曲奇的 26.12 g/100 g 降到 20.62 g/100 g,较常规曲奇降低了 21.06%。减脂曲奇的热量为 1 762.67 kJ/100 g,较常规曲奇降低 7.62%,说明通过添加脂肪替代物可在一定程度上降低曲奇总能量。

## 3 结论

脂肪替代物的取代不会影响黄油的入口即化感,可使曲奇面团的热稳定性提高,且能够充分满足面团的糊化要求,结合面团黏弹性确定最佳的脂肪取代率为 25%,最终制备的减脂曲奇与常规曲奇在

质构和感官方面的差异均不显著 ( $p > 0.05$ ),产品在感官品质充分满足需求的基础上达到了减脂效果,相比常规曲奇,其脂肪含量和热量分别降低 21.06% 和 7.62%,这为凝胶基脂肪替代物在曲奇等高脂烘焙食品中的减脂应用提供了参考。

本试验重点关注曲奇的降脂,并取得了一定的成效,后期将在降脂并保持曲奇良好风味的基础上,同时探讨曲奇的降糖。

## 参考文献:

- [1] 葛小琴. 低脂低糖曲奇制作工艺研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2015.
- [2] PAREYT B, FINNIE S M, PUTSEYS J A, et al. Lipids in bread making: Sources, interactions, and impact on bread quality[J]. J Cereal Sci, 2011, 54(3): 266 - 279.
- [3] SERINYEL G, ÖZTÜRK S. Investigation on potential utilization of native and modified starches containing resistant starch as a fat replacer in bakery products [J/OL]. Starch Stärke, 2017, 69(3/4): 22 [2023 - 03 - 17]. <https://doi.org/10.1002/star.201600022>.
- [4] LAGUNA L, PRIMO - MARTÍN C, VARELA P, et al. HPMC and inulin as fat replacers in biscuits: Sensory and instrumental evaluation [J]. LWT - Food Sci Technol, 2014, 56(2): 494 - 501.
- [5] MAJEED M, ANWAR S, KHAN M, et al. Study of the combined effect of pectin and banana powder as carbohydrate based fat replacers to develop low fat cookies [J]. Foods Raw Mater, 2017, 5(2): 62 - 69.
- [6] MIN B, BAE I Y, LEE H G, et al. Utilization of pectin - enriched materials from apple pomace as a fat replacer in a model food system [J]. Bioresour Technol, 2010, 101(14): 5414 - 5418.
- [7] 汤晓智, 扈战强, 周剑敏, 等. 糙米粉对小麦面团流变学及饼干品质特性的影响[J]. 中国农业科学, 2014, 47(8): 1567 - 1576.
- [8] 刘江. 柠檬果胶工艺制备及其在调配型酸性乳饮料中的应用研究[D]. 成都: 西华大学, 2020.
- [9] 刘江, 张诗琪, 雷激, 等. 柠檬皮渣干燥工艺探讨[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(7): 242 - 249.
- [10] 辛明, 李昌宝, 李杰民, 等. 超声辅助柠檬酸提取百香果果皮高酯果胶及其理化性质分析[J]. 食品工业科技, 2021, 42(4): 115 - 120.

- [11] 赵锦妆. 高酯橘皮果胶脂肪替代物的研究及应用[D]. 武汉: 武汉轻工大学, 2019.
- [12] 刘贺. 以桔皮果胶为基质的脂肪替代品的研究[D]. 江苏 无锡: 江南大学, 2007.
- [13] 李红娟, 刘婷婷, 李丹, 等. 热变性乳清蛋白-黄油乳液凝胶对减钠再制干酪品质的影响[J]. 中国食品学报, 2022, 22(4): 189-195.
- [14] 李诗义. 曲奇用油凝胶的构建及其对曲奇品质的影响机制[D]. 江苏 无锡: 江南大学, 2022.
- [15] 张静祎. 红小豆淀粉及 NaCl、蔗糖、油脂添加前后对淀粉特性的影响研究[D]. 黑龙江 大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2020.
- [16] 韩冰霜, 安俊晓, 杜先锋. 紫甘薯全粉对面团流变特性与曲奇饼干品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(19): 58-63.
- [17] 王撼辰. 典型化学加工条件对苹果果胶与多酚复配物流变、凝胶及质构特性的影响[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2019.
- [18] 王颖周, 仰振中, 潘阳, 等. 玉米曲奇饼干配方优化及其质构研究[J]. 包装与食品机械, 2013, 31(3): 22-24, 6.
- [19] 孙静阳, 肖志刚, 张一凡, 等. 玉米皮膳食纤维脂肪替代物曲奇饼干配方优化研究[J]. 农业科技与装备, 2021(5): 36-39.
- [20] 罗紫明. 菊粉低脂曲奇饼干的研制及质量控制[D]. 广州: 华南农业大学, 2017.
- [21] 陆林. 鹰嘴豆粉强化对饼干淀粉消化性与质构的影响及其机制[D]. 江苏 无锡: 江南大学, 2022.
- [22] 贾梦云. 绿色木霉发酵制备脱脂米糠可溶性膳食纤维及其在饼干中的应用[D]. 南昌: 南昌大学, 2020.
- [23] 皮俊翔. 茶多酚对面筋蛋白网络结构影响机制的研究[D]. 江苏 无锡: 江南大学, 2020.
- [24] 高杰, 刘卫光, 钟昔阳. 羟丙基甲基纤维素对面团性质及油条品质的影响[J]. 农产品加工, 2018(18): 1-5.
- [25] LUTFI Z, NAWAB A, ALAM F, et al. Influence of xanthan, guar, CMC and gum acacia on functional properties of water chestnut (*Trapa bispinosa*) starch[J]. Int J Biol Macromol, 2017, 103: 220-225.
- [26] 翟羽恒. 果胶对糯米淀粉特性的影响及在汤圆中的应用[D]. 江苏 无锡: 江南大学, 2022.
- [27] 冷雪, 曹龙奎. 利用差示扫描量热仪研究小米淀粉及小米粉的糊化特性[J]. 食品科学, 2015, 36(19): 60-66.
- [28] 张莹莹, 郭兴凤, 王瑞红, 等. TSP 与 SPH 复合物对面团特性及面条品质的影响机制[J]. 食品科学, 2020, 41(2): 37-42.
- [29] 赵天天, 赵丹, 马小涵, 等. 菊糖对面团流变学特性及面包品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2017, 43(7): 115-121.
- [30] 张瑶. 右旋糖苷对面包品质的影响及机理研究[D]. 江苏 无锡: 江南大学, 2020.
- [31] 姚舒婷, 智慧, 沈欣怡, 等. 脂肪替代品在烘焙行业中的研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(6): 285-291.
- [32] 段丽丽, 贾洪峰, 赵美丽, 等. 辣木叶粉在曲奇饼干中的应用[J]. 粮食与油脂, 2018, 31(1): 38-41.
- [33] PAREYT B, DELCOUR J A. The role of wheat flour constituents, sugar, and fat in low moisture cereal based products: A review on sugar-snap cookies[J]. Crit Rev Food Sci, 2008, 48(9): 824-839.

(上接第 130 页)

- [3] 高亮, 余旭伟, 邹凤, 等. 酶法合成 1-油酸-2-棕榈酸-3-亚油酸甘油三酯结构脂的研究[J]. 中国油脂, 2020, 45(8): 66-70.
- [4] 班婷婷. 醇溶性大豆磷脂与棕榈酸酶促酸解反应的研究[D]. 江苏 无锡: 江南大学, 2011.
- [5] HAMA S, OGINO C, KONDO A. Enzymatic synthesis and modification of structured phospholipids; Recent advances in enzyme preparation and biocatalytic processes[J]. Appl Microbiol Biotechnol, 2015, 99(19): 7879-7891.
- [6] VIKBJERG A F, MU H, XU X. Parameters affecting incorporation and by-product formation during the production of structured phospholipids by lipase-catalyzed acidolysis in solvent-free system[J]. J Mol Catal B Enzym, 2005, 36(1/2/3/4/5/6): 14-21.
- [7] ANG X, CHEN H, XIANG J Q, et al. Preparation and functionality of lipase-catalysed structured phospholipid: A review[J]. Trends Food Sci Technol, 2019, 88: 373-383.
- [8] OCHOA A A, HERNÁNDEZ-BECERRA J A, CAVAZOS-GARDUÑO A, et al. Phosphatidylcholine enrichment with medium chain fatty acids by immobilized phospholipase A<sub>1</sub>-catalyzed acidolysis[J]. Biotechnol Prog, 2013, 29(1): 230-236.
- [9] 薛静, 崔益玮, 沈清, 等. 富含 EPA/DHA 型结构磷脂的酶法合成条件优化及表征[J]. 核农学报, 2020, 34(12): 2780-2792.
- [10] 谷倩倩. 脂肪酶催化制备改性磷脂的工艺研究[D]. 北京: 北京化工大学, 2021.