

金柚幼果膳食纤维提取优化及其在蛋白棒中的应用

吴悦洲¹, 叶霞¹, 黄妙如¹, 吴丽英², 王淑雯²,
马路凯^{1,4}, 肖更生^{1,4}, 王琴^{1,3,4}, 刘祎帆^{*1,3,4}

(1. 仲恺农业工程学院 轻工食品学院, 广东 广州 510225; 2. 西乐健康科技股份有限公司, 广东 广州 510000; 3. 仲恺广梅研究院, 广东 梅州 514021; 4. 仲恺农业工程学院 广东省岭南特色食品科学与技术重点实验室, 广东 广州 510225)

摘要: 为了高效提取金柚幼果膳食纤维, 以金柚幼果为原料, 通过单因素实验和响应面实验分析, 探讨超声时间、料液质量体积比和振荡温度对金柚幼果膳食纤维提取率影响, 并将提取的膳食纤维添加到蛋白棒中, 确定了膳食纤维在蛋白棒中的添加量。最后探究蛋白棒在不同温度下贮藏的感官评价和质构变化。结果表明: 料液质量体积比 1 g:10 mL、超声时间 55 min、振荡温度 35 °C、提取 3 次, 提取率最高为 (56.3±1.0)%。通过感官评价, 确定了膳食纤维的最佳添加量(质量分数)为 4%。蛋白棒在不同温度下贮藏, 随着温度越高或时间越长, 硬度、胶黏性和颜色增加, 风味减弱, 感官评价得分下降。

关键词: 金柚幼果; 膳食纤维; 蛋白棒; 质构特性; 感官评价

中图分类号: TS 209 文章编号: 1673-1689(2022)04-0038-07 DOI: 10.3969/j.issn. 1673-1689.2022.04.006

Optimization of Dietary Fiber Extraction from Juvenile Fruit of Golden Pomelo and Its Application in Protein Bar

WU Yuezhou¹, YE Xia¹, HUANG Miaoru¹, WU Liying², WANG Shuwen², MA Lukai^{1,4},
XIAO Gengsheng^{1,4}, WANG Qin^{1,3,4}, LIU Huihan^{*1,3,4}

(1. College of Light Industry and Food, Zhongkai Agricultural and Engineering University, Guangzhou 510225, China; 2. Xile Health Technology Co., Ltd., Guangzhou 510000, China; 3. Zhongkai Guangmei Research Institute, Meizhou 514021, China; 4. Guangdong Provincial Key Laboratory of Lingnan Specialty Food Science and Technology, Zhongkai Agricultural and Engineering University, Guangzhou 510225, China)

Abstract: Juvenile fruit of golden pomelo was studied to efficiently extract its total dietary fiber through the single factor experiment and response surface analysis. The effects of ultrasonic time, solid-liquid ratio and oscillating temperature on the yield of juvenile fruit total dietary fiber were discussed. The extracted total dietary fiber was added into protein bars, and the content of total dietary fiber in protein bars was determined. Finally, the sensory evaluation and texture changes of protein bars stored at different temperatures were investigated. The results showed that the highest extraction rate of (56.3±1.0)% was achieved at 1 g:10 mL of the solid to liquid ratio for 55 min ultrasonication under 35 °C oscillation temperature after 3 times of extraction. By sensory evaluation,

收稿日期: 2021-06-09

基金项目: 国家自然科学基金青年基金项目(32001622); 广东省区域联合基金青年基金项目(2019A1515110823)。

*通信作者: 刘祎帆(1990—), 女, 博士, 副教授, 硕士研究生导师, 主要从事天然产物等研究。E-mail: lm_zkng@163.com

the optimal mass fraction of total dietary fiber added was 4%. When the protein bars were stored at different temperatures, the hardness, viscosity and color increased, flavor deteriorated and sensory evaluation score decreased with the increase of temperature or duration.

Keywords: golden pomelo fruit, dietary fiber, protein bar, texture characteristic, sensory evaluation

金柚是广东省的特色农产品,生产地主要集中在广东梅州。金柚果实个大、汁多味甜,并富含营养和药用价值。但金柚种植生产过程中,仅生理落果、人工疏果以及残次幼果估计便有 10 万吨以上^[1]。这些金柚幼果因失去了鲜食用价值而被丢弃,浪费了其本身的营养物质的同时也降低了经济效益。金柚幼果的营养价值很高,在深加工方面有极大的应用前景,其中,膳食纤维(Total dietary fibre)因其特有的吸水性、膨胀力等作用,在预防人体肠胃疾病和维持肠胃健康方面功能突出。有研究表明,宿主摄入膳食纤维后,会在大肠内发酵后产生短链脂肪酸,调节肠道微生物群,从而预防肠道疾病,因而有“肠道清道夫”的美称^[2],膳食纤维在一定程度还可以预防代谢性疾病,例如肥胖、2 型糖尿病等。由于目前膳食更加偏向于精细化,对膳食纤维的摄入量不足且种类单一,易引起膳食纤维缺乏,进而导致疾病^[3]。因此联合国粮食及农业组织建议人均每天膳食纤维摄入量应达到 27 g,我国营养学会建议成人每天摄入量为 30 g^[4]。

蛋白棒是一类富含优质蛋白质的产品,通过添加植物蛋白质(如大豆分离蛋白)和动物蛋白质(如浓缩乳清蛋白)等混合搭配,为人体补充优质蛋白质、增强抵抗力、缓解疲劳^[5]。普通的蛋白棒通常以蛋白粉、奶粉等为主要原料,膳食纤维含量低。目前已有研究表明,将膳食纤维添加到饼干、面包等食品中可以改善其口感及特性,并取得了良好的成果^[6]。

因此,作者将通过单因素实验和响应面实验对金柚幼果膳食纤维的提取工艺进行优化,得到金柚幼果膳食纤维,按照不同比例将幼果膳食纤维添加到蛋白棒中,通过测定蛋白棒的质构特性以及感官特性的变化,研究金柚幼果膳食纤维添加对蛋白棒的影响,为幼果膳食纤维的开发和综合利用提供参考。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

金柚幼果:购自梅州市场;无水乙醇:天津市永

大化学试剂有限公司产品。

1.2 仪器与设备

LRH-250-HS 恒温恒湿培养箱:广东泰宏君科学仪器股份有限公司产品;FR-900 封口机:浙江鼎业机械设备有限公司产品;HY-200 型标准分样筛:金源筛网有限公司产品;电子天平:常熟市双杰测试厂制造;TA-XT2i 质构仪:英国 Stable Micro Systems 公司产品。

1.3 实验方法

1.3.1 金柚幼果膳食纤维提取生产工艺流程 新鲜幼果→清洗→切块→热风干燥→粉碎→过筛(80 目)→称质量→加水搅拌→超声、糊化、水浴锅振荡→醇沉→抽滤→干燥→粉碎→获得金柚幼果膳食纤维。

1.3.2 金柚幼果膳食纤维提取工艺优化^[7]

1)单因素实验 料液质量体积比对膳食纤维提取的影响。分别称取 10.00 g 样品 5 份置于 500 mL 锥形瓶中,然后分别按照料液质量体积比为 1 g:10 mL、1 g:12 mL、1 g:14 mL、1 g:16 mL、1 g:18 mL 向锥形瓶加入蒸馏水进行搅拌并放入超声振荡 55 min,在沸水浴中糊化 15 min,再在 50 °C 下振荡 30 min,考查料液质量体积比对金柚幼果膳食纤维提取效果的影响。

超声时间对膳食纤维提取的影响。分别称取 5 份 10.00 g 样品置于 250 mL 锥形瓶中,按照料液质量体积比为 1 g:16 mL 加入蒸馏水进行搅拌并放入超声振荡,分别振荡 15、35、55、75、95 min,在沸水浴中糊化 15 min,再在 50 °C 下振荡 30 min,考查超声时间对金柚幼果膳食纤维提取效果的影响。

振荡温度对膳食纤维提取的影响。分别称取 5 份 10.00 g 样品置于 250 mL 锥形瓶中,按照料液质量体积比为 1 g:10 mL 比例加入蒸馏水进行搅拌,然后超声振荡 55 min,在沸水浴中糊化 15 min,再分别在 20、35、50、65、80 °C 下振荡 30 min,考查振荡温度对金柚幼果膳食纤维提取效果的影响。

2)金柚幼果膳食纤维得率的测定 膳食纤维提

取率,按下式计算:

$$Y = \frac{M_1}{M_2} \times 100$$

式中:Y为膳食纤维提取率,%; M_1 为提取的膳食纤维质量,g; M_2 为金柚幼果样品的质量,g。

3)响应面实验 根据 Box-Behnken 实验设计原理,在单因素实验的基础上,以料液质量体积比(A)、超声时间(B)、振荡温度(C)为自变量,膳食纤维提取率(Y)作为实验的响应值,实验因素设计水平见表1,响应面实验设计及结果详见2.1.2。

表1 响应面实验因素水平

Table 1 Factors and levels of response surface experiment

水平	因素		
	A (g:mL)	B/min	C/°C
-1	1:10	35	20
0	1:12	55	35
1	1:14	75	50

4)验证实验 在响应面优化实验所得的最佳工艺条件下,进行3次平行验证实验。

1.3.3 金柚幼果膳食纤维蛋白棒的制作及研究

1)工艺流程 称料→配料→混料→压模成型→冷却→包装。

2)金柚幼果膳食纤维蛋白棒配方设计 浓缩乳清蛋白 13.73 g,大豆蛋白分离粉 8.53 g,速溶豆粉 8.53 g,抗性糊精 6.67 g,圆苞车前子壳粉 1.4 g,中链甘油三酯微囊粉 1.8 g,全脂乳粉 12.5 g,速溶咖啡粉 1.6 g,碱化可可粉 1 g,食品用香精 1.5 g,赤藓糖醇粉 8 g,金柚幼果膳食纤维 4 g,膨化藜麦球 6.6 g,曲奇饼碎 2.6 g,低聚异麦芽糖液 12.45 g,山梨糖醇液 12.45 g,椰子油 6.6 g,甘油 4.7 g,大豆磷脂 0.17 g,黄原胶 0.07 g,水 2.4 g^[8]。

3)金柚幼果膳食纤维蛋白棒感官评价 感官评价标准如表2所示,由7名经验丰富的感观评定员进行评定,感官评价分数以平均分计。

表2 感官评价标准

Table 2 Sensory evaluation criteria

项目	要求	权重/%
色泽	褐色,具有该品种应有的色泽特征	30
风味	咖啡风味浓郁,淡淡奶香味,带有咖啡焦苦味,无异味	25
组织与硬度	松软,化口快,不粘牙	25
形态	剖面均匀紧密,具有该品种应有的组织特征	20

4)金柚幼果膳食纤维蛋白棒质构特性分析 将完整无破损的蛋白棒放在质构仪测试台上准备进行TPA测试。设置的测试条件为:下压速度 60 mm/min,起始力 0.5 N,量程 500 N,高度 15 mm,形变量 25%,两次压缩速度之间停留 5 s。每次取 3 根蛋白棒分别测试,取平均值。

2 结果与分析

2.1 金柚幼果膳食纤维提取工艺优化

2.1.1 单因素实验

1)料液质量体积比对膳食纤维提取的影响 如图1可知,随着料液质量体积比增大,金柚幼果膳食纤维的提取率逐渐减小,尤其是在料液质量体积比为 1 g:10 mL 到料液质量体积比 1 g:14 mL 是急剧下降,然后料液质量体积比增加,提取率下降的幅度变小。在料液质量体积比 1 g:10 mL 时,膳食纤维提取率达到最大值,能提取 55.5%。在料液质量体积比 1 g:10 mL~1 g:16 mL 过程中,膳食纤维的提取率不断下降,出现这种情况可能的原因是加入的去离子水越多,单位体积的提取溶液受到超声的热效应、机械作用、穿透力等强度均减弱^[9],导致金柚幼果膳食纤维的提取率下降。故选择料液质量体积比的实验优化条件为 1 g:10 mL。

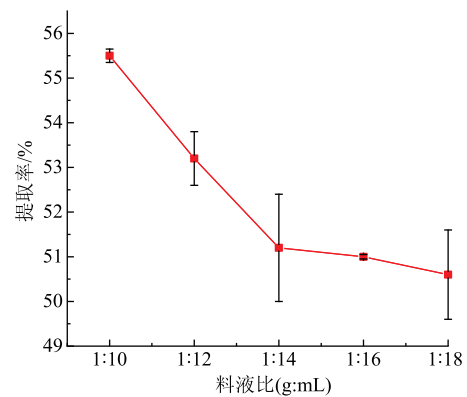


图1 料液质量体积比对金柚幼果膳食纤维提取效果的影响
Fig. 1 Effect of solid-liquid ratio on extraction of dietary fiber from golden pomelo juvenile fruit

2)超声时间对膳食纤维提取的影响 由图2可知,超声时间的不断增加,金柚幼果膳食纤维提取率呈先增加后下降的趋势。在超声处理时间为 55 min 时,提取率达到最大 47.3%,然后超声处理时间超过 55 min 后,膳食纤维的提取率急剧下降。可能的原因是超声波能在物料内部产生强烈振动,加

速度和空化效应对植物细胞和分子间产生强大作用^[9],能将膳食纤维更多的提取出来,但是当超声时间太长,金柚幼果中膳食纤维结构会被破坏,从而导致提取率下降。

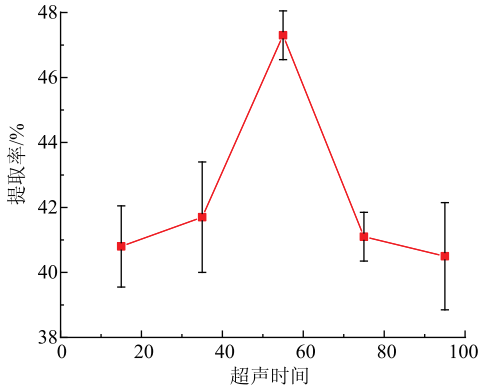


图2 超声时间对金柚幼果膳食纤维提取效果的影响

Fig. 2 Effect of ultrasonic time on extraction of dietary fiber from golden pomelo juvenile fruit

3)振荡温度对膳食纤维提取的影响 由图3可知,在开始时,金柚幼果膳食纤维提取率随时间的增加呈先升高后降低的趋势。可能的原因是温度升高能增加不同分子间的布朗运动^[11],细胞内部分子运动剧烈,加速细胞壁破裂,使得膳食纤维被提取出来,提取率增大;但随着温度的继续上升,膳食纤维的提取率逐渐变小。产生这一趋势的原因可能是高温下使得细胞壁破裂后进一步分解,膳食纤维提取率下降。所以选择35℃为实验优化条件。

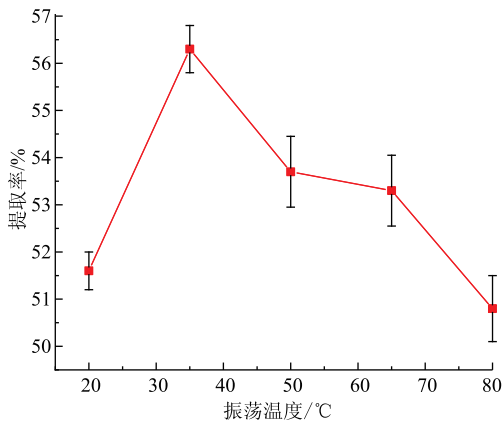


图3 振荡温度对金柚幼果膳食纤维提取效果的影响

Fig. 3 Effect of oscillating temperature on extraction of dietary fiber from golden pomelo juvenile fruit

2.1.2 响应面实验 根据Box-Behnken实验设计原理,在单因素实验的基础上,以料液质量体积比

(A)、超声时间(B)、振荡温度(C)为自变量,膳食纤维提取率(Y)作为实验的响应值,响应面实验设计及结果见表3。

表3 响应面实验设计与结果

Table 3 Response surface test design and results

实验号	因素			Y/%
	A	B	C	
1	0	0	0	57.0
2	0	0	0	57.1
3	0	-1	1	58.1
4	0	0	0	57.1
5	-1	-1	0	55.8
6	-1	0	1	55.4
7	0	-1	-1	53.9
8	0	0	0	57.2
9	1	-1	0	55.5
10	-1	0	-1	55.1
11	0	0	0	57.2
12	0	1	1	59.4
13	-1	1	0	55.0
14	1	1	0	52.5
15	0	1	-1	56.1
16	1	0	-1	52.5
17	1	0	0	52.1

由表4可知回归模型 $P(P=0.0698)>0.05$,在 $\alpha=0.05$ 水平下为不显著;失拟项 $P=0.0010$,在 $\alpha=0.05$ 水平下为显著。从表可知 A^2 呈极显著($P<0.01$), $A、B、C、AB、AC、BC、B^2、C^2$ 均不显著($P>0.05$),说明 $A、B、C$ 这3个因素对实验的影响很小。通过观察表可知,3个实验因素料液质量体积比(A)、超声时间(B)、振荡温度(C)对金柚幼果膳食纤维提取率的影响主次关系顺序为: $C>A>B$,3个因素之间相互影响的主次关系顺序为: $BC>AB>AC$ 。因此,优化金柚幼果膳食纤维的提取率可以从环保、成本、操作方便等方面考虑,但这些方面对于本实验中的工艺条件差别不大,所以选择能提取最多膳食纤维的单因素条件,此时的最优工艺条件是料液质量体积比1g:10mL,超声时间55min,振荡温度35℃。

2.1.3 验证实验 通过对确定的最优搭配料液质量体积比1g:10mL、超声时间55min、振荡温度35℃进行实验验证,金柚幼果膳食纤维提取率为 $(56.3\pm 1.0)\%$,与上述优化的17个实验在相同条件下的提取率相近,则认为本实验中的最优的水平搭配

表 4 回归方程方差分析表

Table 4 Regression equation analysis of variance table

方差来源	平方和	自由度	均方	F	P
模型	70.26	9	7.81	3.20	0.069 8
A	9.26	1	9.46	3.88	0.089 7
B	0.91	1	0.91	0.37	0.560 6
C	12.00	1	12.00	4.92	0.062 1
AB	1.21	1	1.21	0.50	0.504 2
AC	0.12	1	0.12	0.05	0.829 2
BC	2.72	1	2.72	1.12	0.326 1
A ²	42.04	1	42.04	17.22	0.004 2
B ²	1.23	1	1.23	0.50	0.501 2
C ²	0.62	1	0.62	0.26	0.628 7
残差	17.09	7	2.44		
失拟项	16.70	3	5.57	57.40	0.001 0
净误差	0.39	4	0.097		
总离差	87.35	16			

是料液质量体积比1 g:10 mL、超声时间 55 min、振荡温度 35 ℃。

2.2 不同金柚幼果膳食纤维添加量(质量分数)对蛋白棒的影响

2.2.1 感官评价结果 感觉指标是能最直观地描述和判断饮食质量的指标,通过看、嗅、尝、听 4 个感官来判断食品的各项指标。食品的感官指标,如外观、色泽、风味、香气、组织密度等是判别产品质量好坏的最直观的指标^[12]。

金柚幼果膳食纤维添加量为 0~5%的感官评价结果见表 5。由表可得,6 种不同金柚幼果膳食纤维添加量在形态上的得分均为满分 20.00,但金柚幼果膳食纤维添加量为 4%的蛋白棒的色泽、组织与硬度、风味的评分分别为 28.20、23.50、24.50,这 3 项的指标得分均超过其他金柚幼果膳食纤维添加量,由此看出,添加量为 4%的蛋白棒色泽更明亮,有良好的光泽度,口感松软不粘牙,有良好的咀嚼性且相比其他不同膳食纤维添加量的蛋白棒咖啡味浓郁、苦甜度适宜。所以金柚幼果膳食纤维添加量在 4%时,比其他添加量感官评价较高。

2.2.2 质构特性的变化结果 评价质构组成变化的两种分析方法分别是通过感觉器官的评价以及质构的分析法。感官评价法的反复性差且主观性强,不利于蛋白棒的客观评价,所以以下采用的是质构分析方法模拟人的牙齿咀嚼的过程,来分析蛋白棒的质构特性^[13]。

表 5 不同膳食纤维添加量的蛋白棒感官评价结果

Table 5 Sensory evaluation results of protein bars with different dietary fiber supplemental levels

膳食纤维添加量/%	评分				得分
	形态	色泽	组织与硬度	风味	
0	20.00	27.60	23.00	22.00	92.60
1	20.00	27.00	22.50	22.25	91.75
2	20.00	27.90	20.25	21.25	89.40
3	20.00	27.60	22.75	21.75	92.10
4	20.00	28.20	23.50	24.50	96.20
5	20.00	28.20	21.75	23.00	92.95

分析金柚幼果膳食纤维添加量为 0~5%的蛋白棒的质构特性中,硬度、胶黏性、弹性、咀嚼性的总体变化趋势都相似(见表 6)。添加量为 0 的蛋白棒硬度、弹性、胶黏性、咀嚼性都比较高,当金柚幼果膳食纤维添加量为 1%时,这几项指标数据明显下降,但继续添加膳食纤维,其硬度、弹性、胶黏性、咀嚼性都增大。可能的原因是膳食纤维的增加,其持水性增强,使得蛋白棒中保留了较多的水分,以至于硬度减小^[20]。向蛋白棒继续添加膳食纤维,蛋白棒内部的空隙变大,硬度、咀嚼性、弹性增加^[14]。金柚幼果膳食纤维添加量为 4%的蛋白棒在硬度、胶黏性、咀嚼性方面的感官得分比其他添加量要高,故以添加量为 4%的蛋白棒测出的质构数据为最佳口感,即该蛋白棒硬度在 230 左右、胶黏性在 48 左右、弹性在 1.50 左右、咀嚼性在 70 左右的口感最好。

表 6 不同膳食纤维添加量的蛋白棒质构数据

Table 6 Structure data of protein bars with different dietary fiber supplemental levels

添加量/%	硬度	胶黏性	咀嚼性	弹性
0	304.49±51.02	55.83±2.44	97.00±8.40	1.74±0.21
1	187.35±16.42	30.33±3.44	47.50±7.20	1.56±0.09
2	197.41±15.48	34.88±2.26	58.90±0.60	1.69±0.13
3	221.71±28.66	45.37±7.86	74.10±11.00	1.64±0.06
4	233.49±15.67	48.85±4.73	73.80±8.40	1.51±0.03
5	205.62±8.32	44.38±5.60	67.00±7.70	1.51±0.02

2.3 金柚幼果膳食纤维添加量为 4% 时蛋白棒在不同温度下的感官评价和特性变化结果

2.3.1 不同温度下的感官评价结果 根据表 7 可知,蛋白棒在第 1 天对比 30 天后感官评价得分是下降的。总体上感官得分呈下降趋势。相同贮存时间不同温度的蛋白棒比较,温度越高,感官评价得分越低。主要是因为温度高,蛋白棒容易发生美拉德褐变,颜色暗沉发黑^[15-16];其次温度递增,蛋白棒的风味会减弱。同一恒温箱放置的蛋白棒比较,随着时间的增加,感官评价的分值越低,5℃贮藏的蛋白棒相比较第 1 天在色泽上会变浅,光泽度会降低,然后口感会更松软,咀嚼时间会变短。25℃贮藏的蛋白棒随着时间的放置风味减弱,光泽度降低,剖面更加紧密,黏度增大,咀嚼时间变长。37℃贮藏的蛋白棒随着时间的放置,风味减弱明显,变得更硬,黏度也增大,颜色加深,表面几乎没有光泽。

2.3.2 不同温度下质构特性变化的结果 由表 8 可知,5℃贮藏的蛋白棒在硬度、胶黏性、咀嚼性的数值上呈现波动,但整体上是比第 1 天测得的数值要低,也就是说在 5℃贮藏的蛋白棒随着时间的增加,在硬度、胶黏性、咀嚼性会下降。25℃贮藏的蛋白棒在硬度、胶黏性、咀嚼性总体上呈波动趋势,但 30 d 贮藏后硬度比第 1 天有所下降,胶黏性、弹性、

表 7 蛋白棒在 3 个恒温箱的感官评价结果

Table 7 Sensory evaluation results of protein bars in the three incubators

温度/℃	1 d	10 d	20 d	30 d
5	96.20	96.80	85.50	92.80
25	96.20	85.40	80.50	79.40
37	96.20	70.60	68.00	44.25

咀嚼性都比第 1 天的数值要高。37℃贮藏 30 d 后的蛋白棒硬度呈先降低后升高的趋势,弹性、胶黏性、咀嚼性都比第 1 天的数值显著升高,可能的原因是蛋白棒在贮藏过程中变硬过程一般分为前期和后期两个阶段^[17],前期阶段是蛋白棒做好之后的几周或 1 个月内,不同组分之间的物理变化对硬度的降低起主要作用^[18]。后期阶段是储藏几个月之后,受到美拉德反应和储藏条件的影响引起的蛋白质聚集导致硬度的大幅度增加^[19-20]。

3 结语

金柚幼果膳食纤维在料液质量体积比为 1 g:10 mL、超声时间为 55 min、水浴锅 35℃、振荡 30 min 的条件下,平行提取 3 次,所得金柚幼果膳食纤维的提取率最高,为(56.3±1.0)%。金柚幼果膳食纤维添加到蛋白棒中能改善蛋白棒的色泽、口感与硬度

表 8 蛋白棒不同温度下的质构特性变化结果

Table 8 Structural changes of protein bars at different temperatures

	硬度			弹性			胶黏性			咀嚼性		
	5℃	25℃	37℃	5℃	25℃	37℃	5℃	25℃	37℃	5℃	25℃	37℃
1 d	233.49±15.67	233.49±15.67	233.49±15.67	1.51±0.03	1.51±0.03	1.51±0.03	48.85±4.73	48.85±4.73	48.85±4.73	73.80±8.40	73.80±8.40	73.80±8.40
10 d	142.12±11.82	273.72±27.37	216.21±54.24	1.67±0.10	1.86±0.10	2.00±0.09	33.12±2.11	86.62±8.35	74.69±8.90	55.40±6.80	161.30±22.30	148.60±13.60
20 d	96.02±5.40	118.39±2.91	161.98±10.10	1.56±0.08	1.89±0.17	2.12±0.17	37.79±4.32	53.76±5.73	71.48±6.28	58.60±3.80	101.20±4.10	151.30±8.30
30 d	84.64±6.90	145.54±10.44	180.18±23.16	1.66±0.11	2.02±0.18	2.16±0.14	32.56±4.23	70.37±2.39	87.72±5.91	54.40±9.90	141.70±10.20	189.60±25.00

等。综合考虑蛋白棒的色度、质构特性以及感官评价等因素,金柚幼果膳食纤维在蛋白棒的添加量为4%时最适合,其硬度适中、接受度较好、感官评分最高。金柚幼果膳食纤维添加量为4%的蛋白棒在不同温度下贮藏,会随着时间的增加,在颜色、风味、硬度和胶黏性都有明显的变化,温度越高,硬度和咀嚼性越大,颜色加深,胶黏性也会增加,但风味会

减弱,不良风味增加,感官评价得分下降。金柚幼果的经济效益低,但有丰富的膳食纤维,充分利用能降低资源损耗,提高经济效益。金柚幼果膳食纤维结合新型代餐食品蛋白棒,可以起到提供人体膳食纤维和蛋白质的作用,并且有降血糖降血脂的功效,为金柚幼果膳食纤维的开发和综合利用提供技术支持。

参考文献:

- [1] 谢婧,钟锋. 梅州金柚深加工产品的研究进展[J]. 食品研究与开发,2014,35(10):133-136.
- [2] 付全意,刘冬,李坚斌,等. 膳食纤维提取方法的研究进展[J]. 食品科技,2008,33(2):225-228.
- [3] 时政,宋毓雪,韩承华,等. 苦荞的膳食纤维含量研究[J]. 中国农学通报,2011,27(15):62-66.
- [4] 兰晓雁. 膳食纤维每天吃够30克[J]. 健身科学,2011,14(10):48-49.
- [5] 穆慧玲,罗丽华,杨昌林,等. 黄原胶对蛋白棒质构的影响[J]. 农产品加工,2015,13(1):4-7.
- [6] 师莹,陈娅,罗金华. 膳食纤维在焙烤食品中应用[J]. 粮食与油脂,2009,22(3):4-6.
- [7] 曾心悦,黄嘉泳,袁显和,等. 梅州金柚柚皮膳食纤维的理化性质分析[J]. 现代食品科技,2020,36(4):73-81.
- [8] 董新娜,李博,钱平,等. 能量棒贮藏期稳定性及其货架期预测[J]. 食品科技,2012,37(6):182-185.
- [9] 程海涛,申献双. 响应面优化超声-微波协同提取紫米原花青素工艺[J]. 食品工业科技,2018,39(7):186-191.
- [10] 唐小闲,邱培生,段振华,等. 响应面法优化超声-微波辅助提取莲藕膳食纤维工艺研究[J]. 食品研究与开发,2019,40(6):132-139.
- [11] 潘虹,宋春钱,刘和平,等. 超声波辅助酶法提取莲藕渣可溶性膳食纤维的研究[J]. 浙江农业科学,2017,58(3):469-472.
- [12] 赵镭,刘文,汪厚银. 食品感官评价指标体系建立的一般原则与方法[J]. 中国食品学报,2008,8(3):121-124.
- [13] 王超超. 不同贮存条件下发酵饼干质构变化规律及货架寿命预测研究[D]. 南京:南京财经大学,2012.
- [14] 莫晓玲,张志. 关于食品中过氧化值测定的讨论[J]. 广西轻工业,2007,23(2):18-19.
- [15] 马月,董新娜,李博. 能量棒贮藏过程中美拉德反应对油脂氧化的影响[J]. 食品与发酵工业,2015,41(2):79-84.
- [16] 沈豪,陈可为. 能量棒的研究进展[J]. 粮食流通技术,2018,24(16):39-45.
- [17] 余园芳. 高蛋白中间水分食品中美拉德反应对蛋白聚集的影响[D]. 无锡:江南大学,2011.
- [18] 张靓. 分子迁移对高蛋白食品体系质地硬化的影响[D]. 无锡:江南大学,2014.
- [19] 谷满屯,盛占武,郝旺珺,等. 高蛋白中间水分食品贮藏过程中品质和 AGEs 含量的变化[J]. 食品科学,2016,37(10):232-239.
- [20] 李曼,雷霞,陶丽芬,等. 改性蕨菜膳食纤维对面团质构及酥性饼干品质的影响[J]. 农产品加工,2017,15(17):1-4.