

复合代糖的理化性质及低 GI 饼干的研制

黄永莹, 李国坤, 陈晓熠*

(广州医科大学公共卫生学院 广东广州 511436)

摘要: 该研究检测了复合代糖的溶解度、粘度、血糖生成指数等理化性质, 并以复合代糖为原料研制一款低 GI 饼干, 为低 GI 功能食品研发提供参考依据。结果表明, 复合代糖在 0 °C 溶解度为 22.23 g, 在 100 °C 溶解度 134.80 g, 室温 25 °C 的溶解度为 36.34 g, 且随温度的升高而增大; 质量分数为 80% 的复合代糖溶液粘度为 12.09 mPa·s, 溶液粘度与溶液质量分数成正比; 复合代糖的 GI 值近似于 0; 复合代糖的相对甜度为 0.77。以感官评价得分为评价指标, 利用单因素及正交试验方法确定低 GI 饼干的最佳配方。低 GI 饼干的最佳加工工艺和配方为: 即食燕麦片量为 7 g, 复合代糖添加量为 3 g, 烘烤温度为 135 °C, 烘烤时间为 50 min。综上所述, 采用复合代糖研制的低 GI 饼干富有麦香味和香草味, 口感紧实香脆, GI 值约为 19, 属于低 GI 食物。该研究结果为低 GI 功能饼干的后续开发利用提供理论依据, 具有较好的研究和应用价值。

关键词: 复合代糖; 理化性质; 低 GI 饼干

文章编号: 1673-9078(2023)11-111-117

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2023.11.1542

Physical and Chemical Properties of Complex Sugar Substitute and Preparation of Low GI Biscuit

HUANG Yongying, LI Guokun, CHEN Xiaoyi*

(School of Public Health, Guangzhou Medical University, Guangzhou 511436, China)

Abstract: In this study, the physical and chemical properties of a complex sugar substitute including solubility, viscosity, and glycemic index were examined. A low GI biscuit was developed using complex sugar substitute as the raw material to provide a reference for the research and development of low GI functional foods. The results showed that the solubility of the complex sugar substitute was 22.23 g at 0 °C, 134.80 g at 100 °C and 36.34 g at 25 °C, with the solubility increasing with an elevated temperature. The viscosity of the complex sugar substitute solution (80% mass fraction) was 12.09 mPa·s, with the solution viscosity being proportional to the mass fraction of the solution. The GI value of the complex sugar substitute was approximately zero. The relative sweetness of the complex sugar substitute was 0.77. The optimal formula for low GI biscuit was determined by the single factor and orthogonal tests with sensory evaluation score as the evaluation index. The optimal process and formula for the low GI biscuits were as follows: amount of instant oatmeal, 7 g; amount of the complex sugar substitute, 3 g; baking temperature, 135 °C; baking time, 50 min. To sum up, the low GI biscuit developed using complex sugar substitute was rich in wheat and vanilla flavours, and had a tight, crisp taste sensation and a GI value of about 19. The results of this study provide a theoretical basis for the subsequent development and utilization of low GI functional biscuits, offering good research and application value.

Key words: complex sugar substitute; physical and chemical properties; low GI biscuit

引文格式:

黄永莹, 李国坤, 陈晓熠. 复合代糖的理化性质及低 GI 饼干的研制[J]. 现代食品科技, 2023, 39(11): 111-117

HUANG Yongying, LI Guokun, CHEN Xiaoyi. Physical and chemical properties of complex sugar substitute and preparation of low GI biscuit [J]. Modern Food Science and Technology, 2023, 39(11): 111-117

糖尿病是一种以高血糖为特征的慢性非传染性疾病

收稿日期: 2022-12-05

基金项目: 国家自然科学基金面上项目 (81773428)

作者简介: 黄永莹 (1997-), 女, 硕士, 研究方向: 营养与食品卫生学, E-mail: 1776191168@qq.com

通讯作者: 陈晓熠 (1965-), 女, 博士, 教授, 研究方向: 营养与食品卫生学, E-mail: wwchenxy1@163.com

病, 血糖长期偏高可导致各种并发症, 如糖尿病肾病、糖尿病视网膜病变、糖尿病神经病变、糖尿病下肢动脉病变、糖尿病足病等^[1], 严重影响患者的生命健康。如今, 糖尿病逐渐年轻化且患病人数逐年上升, 我国是糖尿病患者最多的国家, 2021 年我国糖尿病患者达到 1.4 亿^[2]。

蔗糖在食物中的滥用和人们对其的过量摄入带来

了诸多健康问题如龋齿、肥胖、高血脂、糖尿病等^[3],高糖饮料的过量饮用导致人们疾病负担显著升高^[4]。世界卫生组织(WHO)建议控制和减少膳食中糖的摄入量,推荐成人一天内蔗糖食用量应为食物总热量的10%以下^[5];而美国医学研究所(IOM)建议蔗糖的食用量不应超过总热量的25%^[6]。根据美国2003年至2006年间的一项流行病学研究显示,有13%以上的人口超过了IOM的建议量^[7]。我国发布的《中国健康行动(2019-2030年)》、《国民营养计划(2017-2030年)》等政策文件中都将“减糖”作为重要的内容之一。

天然功能性代糖,本质上是一种甜味剂,可代替蔗糖食用。本研究所使用的复合代糖是由赤藓糖醇^[8]为主,菊粉^[9]、甜菊糖苷^[10]和罗汉果苷^[11]复配而成,均为天然甜味剂,是低糖食品研发的绝佳原料。

饼干是一种以谷物粉作为主要原料的烘烤食物,口感紧实酥脆,成为大部分人日常零食的选择。随着人们经济水平和健康意识的提高,传统的高糖饼干不能满足人们对健康食品的需求,特别是患有慢性病患者的需求,如糖尿病、高血压、高脂血症、肥胖等。近几年市面上涌现了“低糖”、“无糖”饼干,但多数是用果糖代替蔗糖,热量和血糖生成指数(GI)值并不算低,且存在口感不好,性质不稳定等问题。因此,研制一款适合普通人群和慢性病患者食用的且口感更佳的低GI饼干有着巨大市场潜力。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

复合代糖,广州莱品健康有限公司;葡萄糖,重庆和平制药有限公司;蔗糖,梧州乐哈哈有限公司;浓硫酸、氢氧化钠、氢氧化钠、稀盐酸、乙酸,上海阿拉丁生化科技股份有限公司;即食燕麦片,百事食品(中国)有限公司;木耳粉,泰州市联横食品有限公司;山楂粉,惠州市道田坊食品有限公司;辣木叶粉,深圳植德辣木科技有限公司;土豆泥粉,张家口弘基农业科技开发有限责任公司;荞麦粉,惠州市道田坊食品有限公司;黑芝麻,五常市彩桥米业有限公司。

1.1.2 仪器与设备

JIDI-20D 台式多用途高速离心机,广州吉迪仪器有限公司;DK-8D 电热恒温水槽,上海一恒科技有限公司;D8-108 手持式折光糖度计,杭州东邦科技有限公司;WGL-45B 电热恒温鼓风干燥箱,天津市泰斯特仪器有限公司;L9/11 马弗炉,德国 NABERTHERM 纳博热公司;PH610 酸度计,维根技术有限公司;WYA

阿贝折射仪,上海精科仪电物光有限公司;SHZ-DIII 循环水真空泵,郑州予华仪器制造有限公司;UV-2600 紫外-可见分光光度计,岛津实验器材有限公司;NDJ-1 旋转式粘度计,上海天美天平仪器有限公司;P800 生化分析仪,上海罗氏制药有限公司;PT2531 烤箱,广东美的厨房电器制造有限公司;XR 205SM-DR 分析天平,普利赛斯科学仪器有限公司;JM-A12001 电子天平,余姚纪铭称重校验设备有限公司。

1.2 方法

1.2.1 复合代糖的理化性质测定方法

1.2.1.1 不同温度下复合代糖溶解度(S)的测定

在5根离心管分别称质量 m_1 ,各自加入20 g复合代糖和10 mL蒸馏水,然后在0、25、40、60、80℃下溶解24 h,然后以3 000 r/min的速度进行20 min离心,去除上面的杂质,获得沉淀物和离心管的质量,然后干燥到 m_2 的恒重。可以用下列公式来计算溶解性(S):

$$S=[10-(m_2-m_1)]\div 10\times 100\% \quad (1)$$

式中:

S——溶解性, %;

m_1 ——离心管质量, g;

m_2 ——获得的沉淀物和离心管的质量, g。

1.2.1.2 复合代糖溶液的粘度测定

制备不同质量分数的复合代糖溶液,调试了粘度的转子和程序,并在25℃下测定了30%、40%、50%、60%、70%、80%质量分数的粘度,测量3次取其平均值,得到复合代糖质量分数和粘度的曲线图。

1.2.1.3 复合代糖GI值的测定

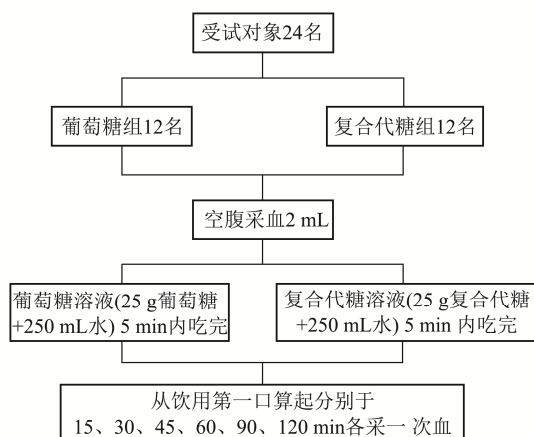


图1 复合代糖OGTT试验流程图

Fig.1 OGTT test flow chart of compound sugar

根据WS/T 652-2019^[12],用糖耐量试验(OGTT)测量复合代糖的GI值,筛选无高血压、糖尿病等慢性疾病的志愿者24名,随机分为两组(尽量保证男女比例相同),每组12名志愿者,每名志愿者分别在空

腹(0 min)、饮用糖溶液 15、30、45、60、90、120 min 后各采血 2 mL。将采血管收集的血液样品处理上机,得到血糖浓度。以采血的时间作为横坐标,血糖作为纵坐标,绘制血糖随时间变化的糖耐量曲线。

$$E = \frac{A}{B} \times 100 \tag{2}$$

式中:

E——血糖生成指数 (GI);

A——复合代糖血糖应答;

B——葡萄糖血糖应答。

1.2.1.4 复合代糖的甜度测定

招募志愿者,进行感官能力筛选,筛选出 20 人感官评价小组(10 男 10 女),针对甜味剂进行感官培训,加强评价员对于甜味的熟悉程度和鉴别能力。

根据 CNAS-GL014,感官评价均在符合条件的感官评价室进行。根据个体特征差别测试的评分法,配置好 5.0%质量分数的蔗糖溶液作为标准液(甜度设为 1),感官评价小组对其与蔗糖溶液甜度进行成对比较测试,选出最接近蔗糖标准液的复合代糖溶液,从而得到选择人数最多的一组复合代糖溶液。先进行大范围浓度的预实验,随后再缩小范围以确定复合代糖的质量分数,计算出复合代糖的相对甜度值。

1.2.2 低 GI 饼干的研制方法

1.2.2.1 低 GI 饼干的工艺流程

称取原料质量→混匀→加入水→搅拌均匀→压模→成型→摆盘→烘焙→出炉冷却→成品

1.2.2.2 单因素试验

分别将即食燕麦片量、复合代糖添加量、烘烤温

度、烘烤时间进行单因素实验。

表 1 单因素水平设计

Table 1 Single factor design

因素	水平
即食燕麦片量/g	5、7、9、11、13
复合代糖添加量/g	1、2、3、4、5
烘烤温度/℃	125、130、135、140、145
烘烤时间/min	40、45、50、55、60

1.2.2.3 正交试验

基于单因素试验结果选取即食燕麦片量、复合代糖添加量、烘烤温度、烘烤时间进行下一步正交试验。以饼干感官评价作为综合评价品质好坏的标准。制作 4 因素 3 水平正交表 L₉。

表 2 正交试验因素水平

Table 2 Factor levels of orthogonal test

水平	因素			
	即食燕麦片量/g	复合代糖添加量/g	烘烤温度/℃	烘烤时间/min
1	7	1	125	45
2	9	2	130	50
3	11	3	135	55

1.2.2.4 感官评价

按照国标 GB 7100-2015《饼干》对低 GI 饼干进行感官评价^[13]。将低 GI 饼干样品置于白瓷盘中,在自然光下观察色泽、状态和组织结构,检查有无异物;闻其气味,用温开水漱口后品其味道。总分为 100 分,由 20 人组成感官评价小组对饼干进行评分。

表 3 感官评分标准

Table 3 Sensory scoring criteria

指标	评分标准	分值范围/分
色泽 (25 分)	表面、边缘四周都是均匀的灰色,没有阴影,没有焦边	20~25
	色泽不均一,颜色稍有异常,边缘发焦	10~20
	表面及底部色重,边缘发焦严重	0~10
状态 (25 分)	无霉变、无生虫及其他正常视力可见的外来异物	20~25
	有正常视力可见的外来异物	10~20
	有霉变或生虫及其他正常视力可见的外来异物	0~10
组织结构 (25 分)	组织比较细腻,没有明显杂质,有细密、均匀的小气孔,容易折断	20~25
	组织粗糙,稍有污点	10~20
	杂质严重,裂痕和孔洞大	0~10
口感风味 (25 分)	有麦香味和香草味,甜味适中纯正,没有异味,口感紧实香脆,无回苦	20~25
	香味甜味过浓或过淡,没有明显异味,口感比较紧实,稍有回苦	10~20
	有异味或酸味、苦味,口感粗糙且回苦严重	0~10

1.2.2.5 低 GI 饼干的 GI 值测定

根据 WS/T 652-2019^[12], 用糖耐量试验 (OGTT) 测量低 GI 饼干的 GI 值, 筛选无高血压、糖尿病等慢性疾病的志愿者 24 名, 随机分为两组 (尽量保证男女比例相同), 每组 12 名志愿者, 每名志愿者分别在空腹 (0 min)、饮用葡萄糖和食用低 GI 饼干 15、30、45、60、90、120 min 后各采血 2 mL。将采血管收集的血液样品处理上机, 得到血糖浓度。以采血的时间作为横坐标, 血糖作为纵坐标, 绘制血糖随时间变化的糖耐量曲线。

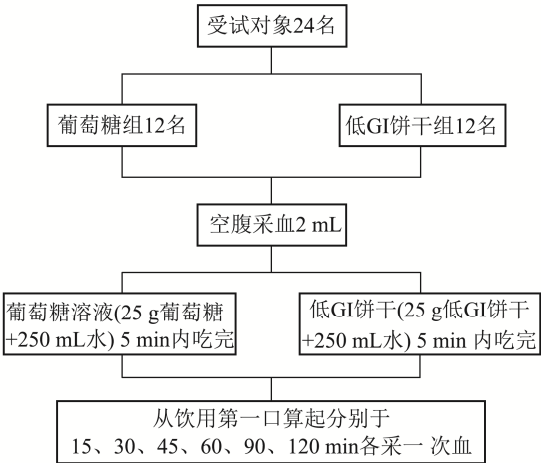


图 2 低 GI 饼干 OGTT 试验流程图

Fig.2 OGTT test flow chart low GI biscuit

$$E = \frac{C}{B} \times 100 \tag{3}$$

式中:

- E——血糖生成指数;
- C——低 GI 饼干血糖应答;
- B——葡萄糖血糖应答。

1.2.3 数据分析

所有数据均独立平行测定, 数据结果以平均值±标准差的形式表示, 采用 SPSS 24.0 软件对试验数据进行统计学分析, 通过独立样本 t 检验和单因素方差检验做显著性分析。

2 结果与讨论

2.1 复合代糖的理化性质

2.1.1 溶解度 (S) 测定

溶解度 (S) 定义为复合代糖在 100 g 水中的溶解质量, 测定不同温度下复合代糖在 10 mL 水中的溶解度。结果如表 4 所示, 可知复合代糖在 0 ℃条件下溶解度 22.23 g, 在 100 ℃溶解度最大 134.80 g, 室温 25 ℃的溶解度可达到 36.34 g, 且复合代糖溶解度随

温度的升高而增大, 与其他糖类研究结果相一致^[14]。

表 4 不同温度下复合代糖的溶解度

Table 4 Solubility of complex sugar at different temperatures

温度/℃	溶解质量/g	溶解度/g
0	2.23±0.04	22.23±0.43
25	3.63±0.01	36.34±0.07
40	5.48±0.01	54.86±0.10
60	8.88±0.02	88.96±0.15
80	9.97±0.01	99.71±0.03
100	13.48±0.01	134.80±0.05

2.1.2 粘度测定

因在室温下 25 ℃溶解度只能达到 36.34 g, 故为了更好地测出高浓度糖浆的粘度。先高温超声溶解复合代糖, 冷却至室温再进行粘度的测定。测定不同质量分数的复合代糖溶液的粘度。结果如表 5 所示, 可知纯水的粘度小于 1.00 mPa·s, 质量分数为 10%的复合代糖溶液粘度达到了 2.51 mPa·s, 质量分数为 80%的复合代糖溶液粘度达到了 12.09 mPa·s, 溶液粘度随着复合代糖溶液质量分数的增大而增大。

表 5 不同质量分数复合代糖溶液的粘度

Table 5 Viscosity of complex glycolysis solutions with different

mass fractions	
质量分数/%	粘度/(mPa·s)
0	<1.00
10	2.51±0.01
20	3.11±0.09
30	4.02±0.02
40	4.61±0.01
50	5.04±0.02
60	5.22±0.03
70	8.39±0.02
80	12.09±0.02

2.1.3 复合代糖的 GI 值测定结果

表 6 葡萄糖组和复合代糖组在 120 min 内的血糖变化

Table 6 Changes of blood glucose in 120 min between glucose

group and complex glycaemic group		
时间/min	葡萄糖组血糖浓度/(mmol/L)	低 GI 饼干组血糖浓度/(mmol/L)
0	5.07±0.38	4.69±0.24
15	6.39±0.51	4.62±0.31
30	8.13±0.58	4.59±0.35
45	8.21±0.77	4.74±0.32
60	7.75±0.63	4.81±0.29
90	6.27±0.46	4.90±0.29
120	5.12±0.38	4.88±0.23

通过 OGTT 测定复合代糖的 GI 值,葡萄糖组和复合代糖组在 120 min 内的血糖变化如表 6 所示。复合代糖组在饮入代糖溶液后血糖起伏不大,近似一条平直的曲线,而葡萄糖组在饮入葡萄糖溶液后的血糖值一直高于复合代糖组,在 45 min 左右血糖达到峰值,直到 120 min 后血糖才趋于复合代糖组。GI 值的计算可根据进食含复合代糖 25 g 之后 120 min 血糖应答曲线下面积的增幅与进食 25 g 葡萄糖所产生的增幅比值得到。通过计算可得复合代糖的 GI 值近似于 0,几乎不会引起血糖波动。

2.1.4 甜度测定

复合代糖没有一个具体的国家标准,我们可以根据国标 GB 26687-2011 复配食品的标准和糖的相关国标 GB/T 317-2018、GB/T 15108-2017 等对复合代糖进行甜度检测,以便于后期复合代糖作为原料加工产品的工艺研究。

甜度测定先做大范围的预实验,确定了复合代糖质量分数 6.0%~7.0%是最接近 5.0%蔗糖的浓度期间。之后在 6.0%~7.0%质量分数的复合代糖分为十个梯度组,经过三次重复实验后,最终确定了复合代糖质量分数为 6.5%与 5.0%蔗糖最为相近。当设蔗糖的甜度为 1 时,该复合代糖的相对甜度为 0.77。

2.2 低 GI 饼干的研制

2.2.1 单因素试验结果

2.2.1.1 即食燕麦片量对感官评价的影响

即食燕麦片量对感官评价的影响如图 3 所示。

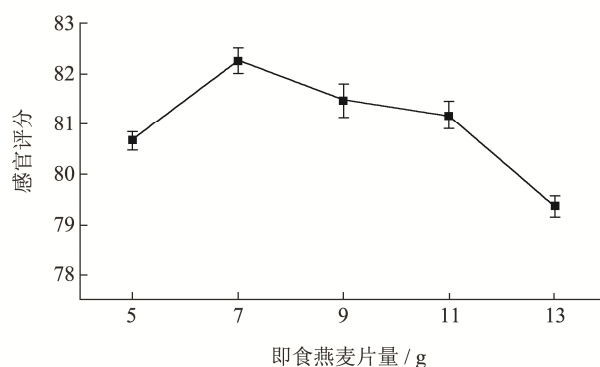


图 3 不同即食燕麦片量评分图

Fig.3 Score chart of different ready-to-eat oatmeal quantities

如图 3 所示,当即食燕麦片量为 7 g 时,饼干口感紧实香脆,富含麦香味和香草味。当添加量逐渐增大时,感官评价分数逐渐下降。根据感官评价分数,选取即食燕麦片量 7、9、11 g 进一步进行正交试验。

2.2.1.2 复合代糖添加量对感官评价的影响

固定即食燕麦片量为 7 g,烘烤温度为 130 ℃、烘

烤时间为 50 min,分别添加 1、2、3、4、5 g 复合代糖,探究复合代糖对饼干感官评价的影响。

如图 4 所示,复合代糖添加量为 2 g 时,感官评分最高。当复合代糖添加量超过 2 g 时,饼干的甜味逐渐增大,稍有一点回苦的味道,影响饼干的整体口感风味。

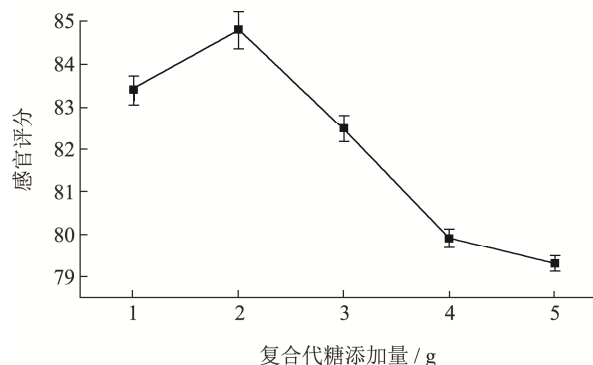


图 4 不同复合代糖添加量评分图

Fig.4 Score chart of different supplemental levels of compound sugar

2.2.1.3 烘烤温度对感官评价的影响

固定即食燕麦片量为 7 g,复合代糖添加量为 2 g,烘烤时间为 50 min,分别设定烘烤温度为 120、125、130、135、140 ℃,探究烘烤温度对饼干感官评价的影响。

如图 5 所示,烘烤温度在 135 ℃时分数最高。当烘烤温度在 130 ℃以下时,饼干的色泽有点不均匀且脆性不足;当烘烤温度超过 135 ℃时,饼干表面和边缘有点发焦且硬度稍大。但目前的饼干加工工艺中烘烤温度较高,大多数在 150 ℃以上^[15,16],这不仅会加剧食物原本营养价值的损失,还会导致反式脂肪酸增加。根据感官评价分数,选取烘烤温度 125、130、135 ℃进一步进行正交试验。

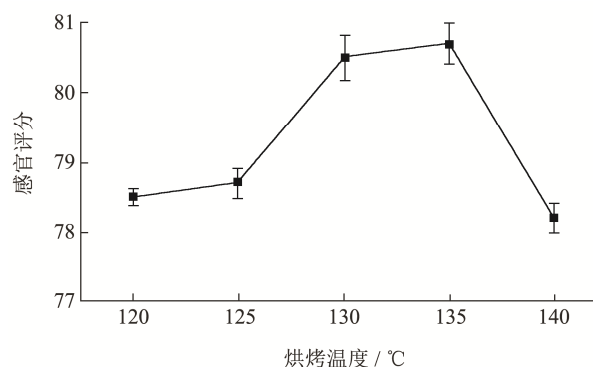


图 5 不同烘烤温度评分图

Fig.5 Score chart of baking temperatures

2.2.1.4 烘烤时间对感官评价的影响

固定即食燕麦片量为 7 g,复合代糖添加量为 2 g,烘烤温度为 135 ℃,分别设定烘烤时间为 40、45、50、55、60 min,探究烘烤时间对饼干感官评价的影响。

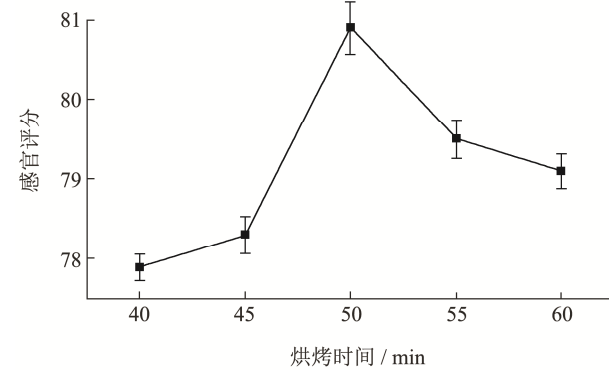


图6 不同烘烤时间评分图

Fig.6 Score chart of different baking times

如图6所示,烘烤时间在50 min时分数最高。当

烘烤时间达到60 min时,饼干表面和四角边缘发焦,口感有少许焦味和回苦味,影响整体感官评价。由于烘烤的温度相对较低,所以烘烤的时间相较于其他饼干较长^[17-19]。根据感官评价分数,选取烘烤时间45、50、55 min进一步进行正交试验。

2.2.2 正交试验结果

正交实验结果如表7所示,SPSS软件进行极差分析可得出各因子对结果影响存在不同,对评分影响大小依次排序为:复合代糖添加量>烘烤时间>烘烤温度>即食燕麦片量。经测定可知,A1B3C3D2是(7 g即食燕麦片量、3 g复合代糖添加量、135℃烘烤温度、50 min烘烤时间)为该饼干的最佳工艺配方。

表7 低GI饼干配方正交试验设计结果及分析

Table 7 Design results and analysis of low GI biscuit formula orthogonal test

试验	A 即食燕麦片量/g	B 复合代糖添加量/g	C 烘烤温度/℃	D 烘烤时间/min	评分
1	1	1	1	1	84.21
2	1	2	2	2	85.06
3	1	3	3	3	86.01
4	2	1	2	3	82.28
5	2	2	3	1	84.58
6	2	3	1	2	86.81
7	3	1	3	2	84.91
8	3	2	1	3	82.21
9	3	3	2	1	85.21
K1	255.28	251.40	253.43	254.00	
K2	253.67	252.05	252.55	256.78	
K3	252.53	258.03	255.50	250.70	
k1	85.09	83.80	84.48	84.67	
k2	84.56	84.02	84.18	85.59	
k3	84.18	86.01	85.17	83.57	
R	0.92	2.21	0.98	2.02	
最优水平	A1	B3	C3	D2	

2.2.3 低GI饼干的GI值测定结果

表8 葡萄糖组和低GI饼干组在120 min内的血糖变化

Table 8 Changes of blood glucose in 120 min between glucose group and low GI biscuit group

时间/min	葡萄糖组血糖浓度/(mmol/L)	低GI饼干组血糖浓度/(mmol/L)
0	5.07±0.18	4.58±0.16
15	6.39±0.21	5.24±0.22
30	8.13±0.35	5.89±0.29
45	8.21±0.47	5.74±0.38
60	7.75±0.39	5.02±0.34
90	6.27±0.26	4.60±0.25
120	5.12±0.23	4.35±0.12

通过OGTT测定复合代糖的GI值,葡萄糖组和低GI饼干组在120 min内的血糖变化如表8。低GI饼干组在食用饼干后血糖起伏不大,而葡萄糖组在饮入葡萄糖溶液后的血糖值一直高于低GI饼干组,在45 min左右血糖达到峰值,直到120 min后血糖才逐渐趋于低GI饼干组。GI值的计算可根据进食25 g低GI饼干之后120 min血糖应答曲线下面积的增幅与进食25 g葡萄糖所产生的增幅比值得到。通过计算可得低GI饼干的GI值约为19,属于低GI食物^[20]。

3 结论

测定了复合代糖在不同温度下的溶解度,且溶解度随温度的升高而增大;质量分数为80%的复合代糖

溶液粘度为 12.09 mPa·s, 溶液粘度与溶液质量分数成正比; 通过 OGTT 测定复合代糖的 GI 值近似于 0, 几乎不会引起血糖波动; 复合代糖相对甜度为 0.77, 均符合国家标准。以赤藓糖醇为主, 菊粉、甜菊糖苷、罗汉果甜苷复配而成的复合代糖, 常温下为白色细腻粉末状, 纯度高杂质少, GI 值几乎为 0, 适合糖尿病人等慢性病人食用, 溶解度和粘度良好, 可作为良好甜味剂进行下一步产品的工艺研究。

本文以复合代糖为原料研制了一款具有麦香味和香草味、紧实香脆的低 GI 饼干, 确定最优配方为: 即食燕麦片量为 7 g, 复合代糖添加量为 3 g, 烘烤温度为 135 °C, 烘烤时间为 50 min, 该研究结论为低 GI 饼干在功能化食品领域的应用提供了参考。

参考文献

- [1] 中华医学会糖尿病学分会. 中国 2 型糖尿病防治指南(2020 年版). 中华糖尿病杂志, 2021, 13(4): 315-409.
- [2] JIANG Yingying, XU Tingling, DONG Wenlan, et al. Study on the death and disease burden caused by high sugar-sweetened beverages intake in China from 1990 to 2019 [J]. European Journal of Public Health, 2022, 32(5): 773-778.
- [3] Keyhani-Nejad F, Kemper M, Schueler R, et al. Effects of palatinose and sucrose intake on glucose metabolism and incretin secretion in subjects with type 2 diabetes [J]. Diabetes Care, 2016, 39(3): e38-39.
- [4] Ogurtsova K, Guariguata L, Barengo N C, et al. IDF diabetes Atlas: Global estimates of undiagnosed diabetes in adults for 2021 [J]. Diabetes Res Clin Pract, 2022, 183: 109118.
- [5] Moynihan Paula. Sugars and dental caries: Evidence for setting a recommended threshold for intake [J]. Advances in Nutrition, 2016, 7(1): 149-156.
- [6] Nishida C, Uauy R, Kumanyika S, et al. The joint WHO/FAO expert consultation on diet, nutrition and the prevention of chronic diseases: Process, product and policy implications [J]. Public Health Nutr, 2004, 7(1A): 245-250.
- [7] Marriott B P, Olsho L, Hadden L, et al. Intake of added sugars and selected nutrients in the United States, National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 2003-2006 [J]. Crit Rev Food Sci Nutr, 2010, 50(3): 228-258.
- [8] 中国食品科学技术学会. 赤藓糖醇的科学共识[J]. 中国食品学报, 2022, 22(12): 405-412.
- [9] 赵孟良, 任延靖. 菊粉及其调节宿主肠道菌群机制的研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(7): 271-276.
- [10] Samuel P, Ayoob K T, Magnuson B A, et al. Stevia leaf to stevia sweetener: Exploring its science, benefits, and future potential [J]. Journal of Nutrition, 2018, 148(7): 1186S-1205S.
- [11] Pawar R S, Krynitsky A J, Rader J L. Sweeteners from plants--with emphasis on *Stevia rebaudiana* (Bertoni) and *Siraitia grosvenorii* (Swingle) [J]. Anal Bioanal Chem, 2013, 405(13): 4397-4407.
- [12] WS/T 652-2019, 食物血糖生成指数测定方法[S].
- [13] GB 7100-2015, 饼干[S].
- [14] 姜侠, 栾会妮, 王寒舒, 等. L-岩藻糖溶解度测定及粒度调控分析[J]. 食品工业, 2022, 43(2): 282-285.
- [15] 何梦岚, 刘世军, 樊文静, 等. 大枣荞麦饼干的研制[J]. 保鲜与加工, 2022, 22(9): 45-50.
- [16] 徐海祥, 李志方, 朱倩, 等. 响应面优化瓜蒌酥性饼干加工工艺[J]. 食品工业, 2022, 43(10): 55-60.
- [17] 徐海祥, 李志方, 王兴会, 等. 荞麦魔芋无糖酥性饼干的研制[J]. 粮食与食品工业, 2022, 29(4): 42-49.
- [18] 黄韬睿, 熊漫, 雷健, 等. 富硒青稞曲奇饼干制作工艺的研究[J]. 食品与发酵科技, 2022, 58(5): 52-56.
- [19] 付小琴, 刘庆庆, 向达兵, 等. 竹荪饼干产品研发及加工工艺[J]. 食品工业, 2022, 43(2): 1-4.
- [20] 杨柯君. 食物血糖生成指数(GI)[J]. 上海医药, 2012, 33(20): 40.