

抗性糊精饼干的研制及其血糖生成指数测定

彭 辉^{1,2}, 刘 绍^{3*}, 黄染林³, 袁汉思^{1,2}, 翟伟业², 欧阳根¹,
陈汀明³, 刘卉琳³, 杨志忠²

(1. 思朗食品(淮北)有限公司, 淮北 235100; 2. 东莞思朗食品有限公司, 东莞 523186;
3. 湖南农业大学食品科技学院, 长沙 410128)

摘 要: 目的 以低血糖生成指数(glycemic index, GI)原料-抗性糊精部分替代低筋面粉、低聚异麦芽糖替代蔗糖研制低血糖生成指数的饼干。**方法** 在单因素试验与正交试验优化得到的低 GI 饼干生产的配方与工艺基础上, 通过比较感官评定得分与血糖预测指数值等方法进一步确定了抗性糊精添加量, 同时研究了抗性糊精的添加对面团性能以及饼干质构特性的影响。然后按照国家标准, 通过人体试食试验对所得产品进行了血糖生成指数测定。**结果** 当抗性糊精添加量为 30%时, 饼干的硬度和咀嚼性最低, 饼干的弹性最高, 且此时饼干的感官品质最佳, 面团各性能也达到最佳。按照抗性糊精替代 30%低筋面粉、黄油添加量为 10%、低聚异麦芽糖添加量 15%、小苏打添加量 0.5%、全蛋液 5%、脱脂奶粉 3%、食盐 0.5%、泡打粉 1.0%的优化配方, 在上火温度 160 °C、底火温度 160 °C、焙烤时间 15 min 的焙烤条件下, 可以得到色香味俱全的抗性糊精饼干, 产品的 GI 均值为 39.6, 这表明该产品为一种低 GI 饼干。**结论** 以低 GI 原料-抗性糊精部分替代低筋面粉、低聚异麦芽糖替代蔗糖可以生产口感良好的低血糖生成指数的饼干。

关键词: 抗性糊精; 血糖生成指数; 饼干

Development and determination of glycemic index value of a resistant dextrin biscuit

PENG Hui^{1,2}, LIU Shao^{3*}, HUANG Ran-Lin³, YUAN Han-Si^{1,2}, ZHAI Wei-Ye², OUYANG Gen¹,
CHEN Ting-Ming³, LIU Hui-Lin³, YANG Zhi-Zhong²

(1. Huaibei Silang Foods Co., Ltd, Huaibei 235100, China;
2. Dongguan Silang Foods Co., Ltd, Dongguan 523186, China;
3. College of Food Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

ABSTRACT: Objective To develop low glycemic index biscuit by using resistant dextrin partly replace low-gluten flour and isomaltooligosaccharide instead of sucrose as main raw material. **Methods** The formula and baking processing of resistant dextrin biscuit were studied by single factor and orthogonal test previously. The addition ratio of resistant dextrin was further confirmed through comparing the sensory evaluation score and glycemic index predicted value, and the effects of resistant dextrin on dough properties and biscuit quality and structure characteristics were investigated. Then according to the national standard, the glycemic index of the obtained products were measured by human test. **Results** When the amount of resistant dextrin was 30%, the dough had the

基金项目: 安徽省重大科技专项(S201703b03020292)

Fund: Supported by the Major Special Science and Technology Project of Anhui Province (S201703b03020292)

*通讯作者: 刘绍, 博士, 副教授, 主要研究方向为食品加工与安全。E-mail: liushao1@sohu.com

*Corresponding author: LIU Shao, Ph.D, Associate Professor, College of Food Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China. E-mail: liushao1@sohu.com

best properties, the hardness and chew ability of the biscuits were the lowest, and the elasticity of the biscuits was the highest. The sensory quality was the best at this time, the optimum formula was resistant dextrin 30%, butter 10%, isomaltooligosaccharide 15%, sodium bicarbonate 0.5%, whole egg 5%, skimmed milk 3%, salt 0.5%, and baking powder 1.0%. And the optimum baking processing was baking temperature 160 °C, and baking time 15 minutes. The glycemic index value of the delicious resistant dextrin biscuit was 39.6, which proved that this biscuit was a low GI biscuit. **Conclusion** Low GI raw material-resistant dextrin can be used to partially replace low gluten flour and isomaltooligosaccharide instead of sucrose to produce cookies with good taste and low glycemic index

KEY WORDS: resistant dextrin; glycemic index; biscuit

1 引言

中国居民成年人糖尿病患病率达 9.7%，糖尿病人需要控制能量摄入以维持理想体重，也需要禁忌容易吸收的糖和多吃高纤维食品，同时需要合理饮食以降低餐后血糖高峰值等，因此具有低血糖生成指数(glycemic index, GI)的食品是糖尿病患者的良好选择。在常见食物中，面条、富强粉馒头、烙饼、油条、大米饭等，含直链淀粉低的米饭、糙米、糯米粥、米饼等，以及精白面包、小麦饼干、膨化薄脆饼干、麦芽糖等都是高 GI 食物。近年来，如何将这些常见食物经过合理配方和工艺加工成低 GI 食物，引起了国内外不少科技工作者的关注。国内方面，敖克厚等^[1]对低 GI 竹笋膳食纤维蛋糕进行了研究，得到了最佳原料配比为竹笋膳食纤维粉 5%、水 50%和酵母粉 1%，遗憾的是未测定产品的 GI 值；钟雪婷等^[2]以藜麦、燕麦、青稞、苦荞和葛根、杜仲雄花等为主要原料生产了一款营养代餐粉，产品 GI 值为 45.8；徐箴^[3]研制了低 GI 的鹰嘴豆淀粉面包并对其终产品的血糖生成指数进行了测定，得到面包最终配方：硬质小麦粉 300 g(添加 20%鹰嘴豆淀粉，5%圆苞车前子粉，6%瓜尔豆胶)，黄油 40 g，酵母 3 g，食用盐 2 g，鸡蛋 30 g，水 280 mL，麦芽糖醇 30 g，产品的 GI 值为 45.9±3.5；高慧颖等^[4]研究了添加抗性淀粉对饼干质构特性和体外血糖生成指数的影响，发现当抗性淀粉替换 20%低筋面粉时，饼干保持了较好的质构特性，消费者的接受度较高，产品 GI 值由 87.18 下降至 67.12；郝欣等^[5]对添加香蕉抗性淀粉饼干的配方和焙烤工艺进行了研究；舒志成等^[6]以魔芋、鹰嘴豆、白芸豆和燕麦等为原料研制了一种 GI 值为 42.79 的八宝粥；康晶燕等^[7]比较研究了混合膳食组成对体外消化过程中的 GI 影响，发现主食中添加膳食纤维、蛋白质和脂肪的食物可以降低 GI 水平；刘娟等^[8]对不同配方米饭血糖生成指数进行了研究，发现五谷米饭和二合米饭具有较低的 GI 值，食用后有助于维持餐后血糖的稳定；张英慧等^[9]研究发现黑米和海带具有降低面包血糖生成指数的作用，利用海带和黑米 2 种原料研制的低

血糖生成指数的面包，其 GI 值为 47.4。在国外，Maria 等^[10]研究发现由 4 型抗性淀粉制成的高纤维曲奇可以降低健康成年人餐后 44%血糖应答曲线下的面积(0~120 min)，血清胰岛素水平下降 46%；Khongsak 等^[11]研究发现当调整原料粉中直链淀粉和抗性淀粉含量使之分别达到 74 g/100 g 和 9 g/100 g 时生产的米粉，其产品 GI 值为 54.35±0.72，而对照产品 GI 值为 99.03±1.20，研究同时发现抗性淀粉对米粉的质地有一定的影响，能够提供较低的拉伸强度和延展性；Ryu 等^[12]研究发现添加 2.8%海带、0.5% 橄榄油(大米 34.8%、水 61.9%)，可以使所得米饭的血糖生成指数由 70.94 降至 52.9；Jun 等^[13]研究发现在普通蛋糕制作中加入 3 g/100 g 的苹果果皮可以使蛋糕的预估血糖生成指数降低，而蛋糕品质没有显著变化。

近年来抗性糊精在食品方面的应用研究报道尚不多见。作为一种水溶性的膳食纤维，抗性糊精又被人们称为难消化糊精，是以淀粉为原料加工而成，本质上是一种低热量的葡聚糖^[14]。抗性糊精的生理功能包括了调节血糖、降低血脂、改善肠胃菌群组成、润肠通便等^[15-17]方面的作用，且它具有与白砂糖类似的粉状特性，水溶性好，耐酸耐热，储藏方便，具有良好的加工稳定性，可以广泛应用于饮料、肉制品、面制品、保健品等领域。李方华等^[18]开发了一种兼具营养与保健功能的功能性蛋糕，发现添加抗性糊精可以提高蛋糕的着色性能、改善蛋糕的表面塌陷、提高保湿性、延长蛋糕的霉变时间；黄政^[19]研究发现在一定添加范围内，抗性糊精可显著改善面包的外观形貌和质构参数。添加抗性糊精后，在模拟消化液中的水解度降低，抗性糊精添加量为 10%(w/w)的面包其水解度为 84.5%，餐后血糖生成指数也会因此而降低；马梦垚等^[20]对抗性糊精低糖饮料的配方进行了优化研究，得到了最佳配方为柠檬汁质量分数 35%，抗性糊精添加量 12%，果胶添加量 0.12%，三氯蔗糖添加量 0.004%；王芬等^[21]研究了一种具有保健功效的抗性糊精荞麦挂面，得出最优配方为荞麦质量分数 20%，抗性糊精添加量 6%，大豆分离蛋白添加量 4%；陈晓霞等^[22]就抗性糊精对凝固型酸奶品质的影响进

行了研究,发现抗性糊精的添加量在 6%~20%时,可获得优良的感官评定且酸奶的酸度达到标准的要求。此外, Lin 等^[23]研究了抗性糊精和三氯蔗糖对戚风蛋糕质量特性的影响,与上述大部分文献一样,只是研究其在一些食品中得应用,并未测定产品 GI 值,也未确定是否为低 GI 食品。综上所述,关于添加抗性糊精以及低聚异麦芽糖的低 GI 饼干方面的研究鲜见报道。因此本文对此进行了研究,以期工业化提供一定依据。

2 材料与方法

2.1 材 料

2.1.1 主要材料与试剂

抗性糊精、低聚异麦芽糖(保龄宝生物股份有限公司);低筋面粉(食品级,邢台金沙河面业有限责任公司)。

氢氧化钠、醋酸钠(分析纯,国药集团)。

2.1.2 主要仪器设备

BJ-500A 型高速多功能粉碎机(浙江德清拜杰电器有限公司); HSW-3 隧道式烘干机(安徽省临泉县食品机械厂); EO2140 电子天平(湘仪天平仪器设备有限公司); SUNMATE 电烤炉(珠海三麦有限公司); CT3 质构仪(美国 Brookfield 公司); BS-380 全自动生化分析仪(深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司)等。

2.2 实验方法

2.2.1 饼干制作工艺流程及配方

饼干制作工艺流程:原辅料混合→和面→面团静置

→擀面→模具成型→烘烤→冷却→饼干成品。优化的烘烤参数为面火温度 160℃、底火温度 160℃、时间 15 min。

饼干制作配方:根据前期生产工艺研究结果,基础配方以低筋面粉 100%计,低聚异麦芽糖 15%、黄油 10%、全蛋液 5%、脱脂奶粉 3%、泡打粉 1.0%、食盐 0.5%、小苏打 0.5%。

2.2.2 产品感官评价方法

采用 100 分制评分方法,由经过专门培训的 10 名专业人员对饼干成品进行感官评价,根据表 1 的感官评分标准对成品进行感官评价,以 10 参评人员的平均分为总感官评分。

2.2.3 产品质构分析

用 CT3 质构仪对产品饼干进行硬度、弹性、内聚性、咀嚼性的分析,以评价产品饼干的质构情况。测定条件采用 TPA(texture profile analysis)模式,以 TA5 圆柱形探头进行测定,触发力为 5 g,距离为 0.5 mm,测试速率 0.5 mm/s,每个样品不低于 3 次重复,每块饼干样品测试 3 个点,然后取平均值。

2.2.4 产品血糖生成指数预测值测定与计算

参考 Isabel 等^[24]的方法,分别测定 30、60、90、120、150、180 min 时样品饼干的水解速率。水解速率/%=[(初始时间点葡萄糖含量/mg-取样时间点葡萄糖含量/mg)×0.9]/(测试样品质量/mg×100),然后根据上述的产品水解速率依以下回归方程计算产品血糖生成指数预测值:PGI=39.21+0.803×HR90,其中 HR90 为测定 90 min 时产品饼干的水解速率。

表 1 抗性糊精饼干感官评价标准
Table 1 Sensory evaluation standards for the biscuit

项目	特征	分数/分
色泽(25 分)	呈棕黄色,表面有光泽,无焦糊现象,色泽均匀	18~25
	色泽有轻微变化,较均匀,稍有焦糊	0~17
	色泽不均匀,有重度变化者,有焦糊	0~9
外观(25 分)	外形平整均匀,没有较大的凹陷或凸起,厚薄均匀,无收缩,不变形,不起泡	18~25
	外形比较平整,有较小面积凸起或凹陷,厚薄较均匀,稍有收缩和变形,个别起泡	0~17
	外形不平整,凹陷跟凸起面积大,厚薄不均匀,有收缩和变形,较多起泡	0~9
香气与滋味(40 分)	香味浓郁,无异味,回味好	30~40
	香味较浓郁,无异味,回味较好	15~30
	香味淡,回味差	0~15
质构(10 分)	口感酥脆,内部结构细密均匀,无颗粒感,	6~10
	口感不酥脆,内部结构欠细密均匀,有颗粒感	0~5

2.2.5 产品血糖生成指数测定

征集与选择符合条件的 12 名受试者, 男女各半, 体检各项指标正常。

50 g 药品级无水葡萄糖加纯净水作为参考食物, 溶解至 250 mL。当日使用。待测食物(受试食物)97.6 g(经测定, 样品饼干可利用碳水化合物为 51.2/100 g, 受试食物用量=50/51.2×100=97.6 g), 另配备 250 mL 纯净水。

测定周期包括 3 次独立试食测定, 其中参考食物 2 次, 待测食物 1 次。待测食物应安排在 2 次参考食物试食测定之间进行, 每次独立试食测定间隔 120 h。

其他如受试者纳入标准与排除标准、试食测定操作程序、血样采集均参照 2019 年发布的国家行业标准方法—WS/T 652-2019《食物血糖生成指数测定方法》^[25]进行。

2.2.6 抗性糊精对面团性能的影响

分别以 0、10%、20%、30%、40%、50%抗性糊精部分替代低筋面粉(低筋面粉用量则分别为 100%、90%、80%、70%、60%、50%), 其他原辅料按照基础配方, 先将软化的黄油与全蛋液混合后搅拌均匀, 再逐步加入原辅料混合, 缓慢滚揉 6~7 min, 至形成的面团表面光滑。然后 25℃静置 20 min, 用压面机压成厚薄的均匀的面片(约 4 mm), 然后利用模具将其制成饼胚。过程中仔细观察面团的柔软性、

延伸性、可塑性和弹性等面团性能, 并比较饼胚成型难易程度。

2.2.7 抗性糊精对饼干感官品质、质构特性、血糖生成指数预测值的影响

分别以 0、10%、20%、30%、40%、50%抗性糊精部分替代低筋面粉(低筋面粉用量则分别为 100%、90%、80%、70%、60%、50%), 其他原辅料按照基础配方, 以依优化后的工艺制作饼干, 分别对所得饼干进行感官品质评价、质构特性测定、血糖生成指数预测值测定与计算, 以研究抗性糊精添加量对饼干感官品质、质构特性、血糖生成指数预测值的影响, 确定合适的抗性糊精添加量添加量。

3 结果与分析

3.1 抗性糊精对面团性能的影响

抗性糊精对面团性能的影响见表 2。由表 2 可见, 随配方中抗性糊精添加量的增加, 面团的柔软性、可塑性、延伸性以及弹性逐渐变差, 而饼胚成形则逐渐变难。主要是因为抗性糊精的添加对面团的剪切力具有增强作用^[19], 但随着添加量的增加, 面团的含水率和持水性降低, 从而导致面团硬变、无弹性。因此抗性糊精添加量为 30%时, 面团各性能最佳, 饼胚成形容易。

表 2 抗性糊精添加量对面团性能的影响
Table 2 Effects of resistant dextrin on dough properties

抗性糊精添加量/%	面团性能	饼胚成型难易程度
0	非常柔软, 可塑性与延伸性较好, 弹性差, 黏手	成型易, 但易变形
10	柔软, 延伸性和可塑性较好, 有弹性, 不黏手	成型较易
20	较柔软, 延伸性和可塑性较好, 较有弹性, 不黏手	成型较易
30	较柔软, 延伸性和可塑性良好, 弹性好	成型容易
40	较硬, 延伸性和可塑性较好, 弹性差	成型较难, 易裂
50	较硬, 延伸性和可塑性差, 无弹性	成型难, 易裂

表 3 抗性糊精添加量对饼干感官品质的影响
Table 3 Effects of resistant dextrin on sensory quality of biscuits

抗性糊精添加量/%	饼干感官状况	感官评分
0	内部结构不够细密, 易碎, 略变形, 酥脆, 味香, 颜色不均匀	78.34±3.45
10	内部结构细密, 不易碎, 不变形, 酥脆, 味香, 颜色不均匀	81.71±2.49
20	内部结构细密, 不易碎, 不变形, 酥脆, 味香, 颜色不够均匀	83.04±3.26
30	内部结构细密, 不易碎, 不变形, 酥脆, 香味好, 颜色均匀	84.25±3.18
40	内部结构细密, 质感较硬, 粘度较高, 香味一般, 颜色均匀	79.42±3.43
50	内部结构细密, 但质感硬, 粘度高, 香味一般, 色颜均匀	70.18±3.82

3.2 抗性糊精对饼干感官品质的影响

抗性糊精添加量对饼干感官品质的影响见表 3。由表 3 可知, 在抗性糊精添加量为 30%时, 饼干内部结构细密, 不变形, 酥脆而不碎, 颜色均匀且香味合适, 感官评价得分最高, 饼干的感官品质为最佳。

3.3 抗性糊精对饼干质构特性的影响

TPA 质构模式是通过 2 次压缩样品来模拟人体口腔的咀嚼运动, 相关检测结果可以比较客观而准确地反映出被测产品的质构特性。添加抗性糊精制作的饼干质构特性的变化情况见表 4。

由表 4 可知, 随着配方中抗性糊精的增加, 饼干的硬度、内聚性与咀嚼性均呈先降低后升高趋势, 当抗性糊精添加量为 30%时, 饼干的硬度和咀嚼性达到最低。而饼干的弹性随着配方中抗性糊精的增加, 先升后降, 变化趋势与前者相反, 当配方中抗性糊精添加量为 30%时, 弹性达到最高。

抗性糊精的添加使得配方中蛋白相对含量降低, 阻碍了面筋的形成, 同时也降低了面团强度, 进而导致饼干的硬度与其内聚性、咀嚼性降低, 塑性增加, 而弹性升高; 但当配方中抗性糊精超过一定量时, 它降低了蛋白质之间的结合力, 导致出现部分水化作用^[19], 从而使得产品饼干的硬度与内聚性、咀嚼性有所提高, 而弹性则有所降低。

3.4 抗性糊精对饼干血糖生成指数预测值的影响

抗性糊精添加量对饼干血糖生成指数预测值的影响结果见表 5。

由表 5 可知, 添加抗性糊精后饼干的血糖生成指数预测值显著降低, 且添加量越多血糖生成指数预测值越低, 抗性糊精在饼干制作的配方中的占比与产品血糖生成指数预测值有显著负相关性。

综合前述试验结果, 充分考虑到产品的感官品质与质构特性以及消费者接受程度, 选择 30%的抗性糊精添加量为佳。从显著性差异角度上, 30%和 40%、50%的血糖生成指数预测值无显著性差异说明了选择 30%比较合理。

3.5 饼干血糖生成指数测定结果

食物血糖生成指数的测定方法最主要的是采用人体试验方法, 该方法测定的结果受受试人数、受试者身体状况、受试前用餐种类、葡萄糖监测方法以及数据处理等诸多因素的影响。

公司与中国食品发酵工业研究院合作, 经其伦理审查委员会的审查, 按照 2019 年发布的国家行业标准方法—WS/T 652-2019《食物血糖生成指数测定方法》对产品饼干进行血糖生成指数测定。结果见表 6、表 7 及图 1。

将受试者进食前后(参考食物和受试饼干)的各时间节点血糖平均值绘制成餐后 2 h 的血糖应答曲线, 由图 1 及表 6 可知受试者进食参考食物葡萄糖和受试饼干后, 30 min 内血糖浓度达到峰值, 但进食参考食物葡萄糖者其血糖浓度上升较快, 其血糖浓度峰值(8.53)较进食受试饼干的血糖浓度峰值(7.14)高; 30 min 后, 进食参考食物和受试饼干的受试者血糖浓度均呈缓慢下降趋势, 且后者的餐后血糖值上升和下降均比前者餐后血糖值变化平稳, 由此可见受试饼干有一定的稳定餐后血糖的作用。

表 4 抗性糊精对饼干质构特性的影响($\bar{x}\pm s$, $n=15$)
Table 4 Effects of resistant dextrin on the texture properties of biscuits ($\bar{x}\pm s$, $n=15$)

抗性糊精添加量/%	硬度/g	内聚性	弹性/mm	咀嚼性/mL
0	2214.47±117.47	0.25±0.03	0.27±0.02	1.83±0.04
10	2013.53±82.42	0.22±0.02	0.32±0.03	1.72±0.03
20	1872.57±95.63	0.22±0.03	0.35±0.02	1.61±0.02
30	1749.28±110.48	0.21±0.03	0.37±0.01	1.53±0.03
40	2078.82±86.35	0.26±0.02	0.30±0.02	1.80±0.03
50	2184.26±93.68	0.36±0.02	0.24±0.02	1.98±0.02

表 5 抗性糊精添加量对饼干血糖生成指数预测值的影响($\bar{x}\pm s$, $n=10$)
Table 5 Effects of resistant dextrin on predicted glycemic index ($\bar{x}\pm s$, $n=10$)

抗性糊精添加量/%	0	10	20	30	40	50
血糖生成指数预测值	87.17±0.42	68.83±0.48	54.62±0.62	41.73±0.42	36.47±0.36	32.36±0.53

本研究受试者共 12 人, 参照行业标准 WS/T 652-2019, 测定每个受试者进样品 2 h 内血糖浓度变化情况, 据此绘制血糖应答曲线(如图 1), 然后采用 GraphPad 软件计算高于空腹血糖基础水平的面积和, 以得到血糖应答曲线下面积增幅, 分别得到饼干的 GI 值。结果见表 7。由表 7 可知, 受试饼干的 GI 平均值为 39.6, 且经过计算, 其标准差 SD 值为 6.6, 根据 ISO 26642:2010《食品. 血糖指标(GI)测

定和食品分类推荐规范》^[26], 当 GI 值测定结果在 $AV \pm 2SD$ 范围内时为有效数据, 若在该范围之外, 则作为不合格数据而舍去。由表 7, 本研所得 $AV \pm 2SD$ 为 39.6 ± 13.2 , 其范围是 26.4~52.8, 故本研所得所有受试者数据均合格, 受试饼干的 GI 值为 39.6 ± 1.9 , 可见该受试饼干属于低 GI 食品, 食用后可起到平稳血糖的作用, 可作为糖代谢异常人群食物。

表 6 食用参考食物与受试饼干血糖平均值对照表
Table 6 Table of mean blood glucose of reference food and biscuits

时间/min	0	15	30	45	60	90	120
食用参考食物平均血糖浓度/(mmol/L)	5.18	7.67	8.53	7.47	6.62	5.78	5.26
食用受试饼干平均血糖浓度/(mmol/L)	5.08	5.75	7.14	6.88	6.12	5.31	5.48

表 7 不同受试者测得饼干的 GI 值
Table 7 GI values of biscuits measured by the subjects

受试者编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均值	SD	SE
GI 值	40.6	48.2	50.1	33.7	30.3	32.5	44.1	36.4	38.8	32.6	45.0	42.6	39.6	6.6	1.9

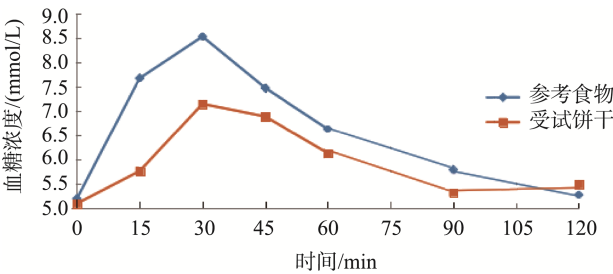


图 1 以血糖均值为基准的饼干血糖应答曲线
Fig.1 Mean-glycemic-value-based glycemic response curve

4 结 论

研究表明, 当抗性糊精添加量为 30%时, 饼干的硬度和咀嚼性最低, 饼干的弹性最高。且此时饼干的感官品质为最佳, 面团各性能达到最佳, 且按照抗性糊精替代 30%低筋面粉、黄油添加量为 10%、低聚异麦芽糖添加量为 15%、小苏打添加量为 0.5%、全蛋液 5%、脱脂奶粉 3%、食盐 0.5%、泡打粉 1.0%的优化配方, 在上火温度 160℃、底火温度 160℃、烘烤时间 15 min 的烘烤条件下, 可以得到色香味俱全的添加抗性糊精的饼干, 产品的 GI 均值为 39.6, 产品属于低 GI 食品, 食用后可降低餐后血糖浓度(峰值), 且能够平稳食用者的血糖, 可作为糖尿病患者的食物。本产品以等量抗性糊精替代 30%低筋面粉, 不添加蔗

糖只添加低聚异麦芽糖, 与普通饼干相比, 产品的血糖生成指数值大为降低, 口感风味变化不大, 市场前景看好。实验不足之处在于血糖生成指数值测定时受试者人数只有 12 人, 如增加受试者人数, 所得产品的 GI 值将更可靠, 产品口感风味也有提高的余地, 两者都是将来需要努力的方面。

参考文献

[1] 敖克厚, 吴佳佳, 胡明华, 等. 低 GI 竹笋膳食纤维蛋糕研制[J]. 广东化工, 2020, 47(4): 40-41, 17.
Ao KH, Wu JJ, Hu MH, et al. Preparation of low GI bamboo shoot dietary fiber cake [J]. Guangdong Chem Ind, 2020, 47(4): 40-41, 17.
[2] 钟雪婷, 康建平, 吴森, 等. 低 GI 代餐粉的冲调性研究及血糖生成指

- 数评价[C]// 2019 健康中国与食品营养产业发展论坛, 2019.
- Zhong XT, Kang JP, Wu M, *et al.* The research of tonicity and glycemic index vivotest of low GI meal replacement powder [C]// 2019 Healthy China and Food Nutrition Industry Development Forum, 2019.
- [3] 徐箬. 低 GI 面包的研制及其终产品血糖生成指数的测定[D]. 邯郸: 河北工程大学, 2019.
- Xu Q. Development of low GI bread and determination of glycemic index of its final product [D]. Handan: Hebei University of Engineering, 2019.
- [4] 高慧颖, 王琦, 赖呈纯, 等. 添加抗性淀粉对饼干质构特性和体外血糖生成指数的影响[J]. 福建农业科学, 2019, 10: 27–29.
- Gao HY, Wang Q, Lai CC, *et al.* Effects of the addition of resistant starch on texture properties and extracorporeal glycemic index of biscuits [J]. Fujian Agric Sci, 2019, 10: 27–29.
- [5] 郝欣, 陈菲, 王娟, 等. 香蕉抗性淀粉饼干的加工工艺研究[J]. 食品科技, 2019, 44(1): 223–227.
- Hao X, Chen F, Wang J, *et al.* Study on the processing of banana resistant starch biscuit [J]. Food Sci Technol, 2019, 44(1): 223–227.
- [6] 舒志成, 王华, 郭秀峰, 等. 一种具有低血糖生成指数(GI 值)特点的八宝粥研制[J]. 中国食品添加剂, 2016, (1): 127–132.
- Shu ZC, Wang H, Guo XF, *et al.* The development of a babao congee with low Glycemic Index(GI) [J]. Chin Food Addit, 2016, (1): 127–132.
- [7] 康晶燕, 傅楠, 王勇, 等. 混合膳食组成对体外消化过程中 GI 与食物消解的影响[J]. 现代食品科技, 2018, 34(2): 102–109.
- Kang JY, Fu N, Wang Y, *et al.* Effects of mixed dietary constitutes on GI and food degradation during *in vitro* digestion [J]. Mod Food Sci Technol, 2018, 34(2): 102–109.
- [8] 刘娟, 郝丹丹, 安阳, 等. 不同配方米饭血糖生成指数和血糖负荷的测评[J]. 临床医药实践, 2015, (6): 403–406.
- Liu J, Hao DD, An Y, *et al.* Measurement and evaluation of glycemic index and glycemic load of different rice samples [J]. Proc Clin Med, 2015, (6): 403–406.
- [9] 张英慧. 一种低血糖生成指数面包的研究[C]// 中国老龄化与健康高峰论坛论文汇编, 2014.
- Zhang YH. Study on a low glycemic index bread [C]// China aging and Health Summit Forum, 2014.
- [10] Maria L, Stewart J, Paul Z. A high fiber cookie made with resistant starch type 4 reduces post-prandial glucose and insulin responses in healthy adults [J]. Nutrients, 2017, (9): 237.
- [11] Khongsak S, Pablo AM. Formulating low glycaemic index rice flour to be used as a functional ingredient [J]. J Cere Sci, 2015, (61): 33–40.
- [12] Ryu HS, Zeng J. Determining the optimal recipe for long-grain jasmine rice with sea tangle laminaria japonica, and its effect on the glycemic index [J]. Fish Aquat Sci, 2014, 17(1): 47–57, 13.
- [13] Jun Y, Bae IY, Lee S, *et al.* Utilisation of preharvest dropped apple peels as a flour substitute for a lower glycaemic index and higher fibre cake [J]. Int J Food Sci Nutr, 2014, 65(1): 62–68, 14.
- [14] 黄政, 孙江文, 徐勇, 等. 抗性糊精的研究与应用进展[J]. 海南师范大学学报(自然科学版), 2018, 31(4): 418–427.
- Huang Z, Sun JW, Xu Y, *et al.* Advance on research and application of resistant dextrin [J]. J Hainan Norm Univ(Nat Sci), 2018, 31(4): 418–427.
- [15] Hu F, Niu YX, Xu XY. Resistant dextrin improves high-fat-high-fructose diet induced insulin resistance [J]. Nutr Metabol, 2020, 17(12): 88–98.
- [16] Rocío MG, Sofia PC. Effect of an alcohol-free beer enriched with isomaltulose and a resistant dextrin on insulin resistance in diabetic patients with overweight or obesity [J]. Clin Nutr, 2020, 39(2): 475–483.
- [17] Farhangi MA, Javid AZ, Sarmadi B. A randomized controlled trial on the efficacy of resistant dextrin, as functional food, in women with type 2 diabetes: Targeting the hypothalamic-pituitary-adrenal axis and immune system [J]. Clin Nutr, 2018, 37(4): 1216–1223.
- [18] 李方华, 窦光朋, 杜倩, 等. 抗性糊精在低热量蛋糕中代替蔗糖的应用研究[J]. 中国食品添加剂, 2020, (1): 124–127.
- Li FH, Du GM, Du Q, *et al.* Resistant dextrin replacing sugar in low calorie cake [J]. Chin Food Addit, 2020, (1): 124–127.
- [19] 黄政. 水溶性抗性糊精的性质及其对面粉加工品质的影响[D]. 广州: 华南理工大学, 2019.
- Huang Z. Properties of water-soluble resistant dextrin and its effects on the processing quality of flour products [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2019.
- [20] 马梦垚, 徐勇. 抗性糊精低糖饮料的复配优化[J]. 农产品加工, 2018, (2): 16–18.
- Ma MY, Xu Y. Preparation of resistant dextrin low-sugar beverage [J]. Farm Prod Process, 2018, (2): 16–18.
- [21] 王芬, 许先猛, 乔冬. 抗性糊精荞麦挂面的复配优化[J]. 粮食加工, 2015, (6): 47–50.
- Wang F, Xu XM, Qiao D. Optimization of complex formula in the resistant dextrin buckwheat noodles [J]. Grain Proc, 2015, (6): 47–50.
- [22] 陈晓霞, 陆利霞, 林丽军, 等. 抗性糊精对凝固型酸奶品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(9): 91–97.
- Chen XX, Lu LX, Lin LJ, *et al.* Effect of resistant dextrin on quality of set yogurt [J]. Food Ferment Ind, 2016, 42(9): 91–97.
- [23] Lin SD, Lee CC. Qualities of chiffon cake prepared with indigestible dextrin and sucralose as replacement for sucrose [J]. Cere Chem, 2005, 82(4): 405–413.
- [24] Isabel G, Alejandra GA, Fulgencio SC. A starch hydrolysis procedure to

estimate glycemic index [J]. Nutr Res, 1997, 17(3): 427-437.

[25] WS/T 652-2019 食物血糖生成指数测定方法[S].

WS/T 652-2019 Standard for determination of food glycemic index [S].

[26] ISO 26642:2010 食品. 血糖指标(GI)测定和食品分类推荐规范[S].

ISO 26642:2010 Food products-Determination of the glycaemic index (GI) and recommendation for food classification [S].

(责任编辑: 于梦娇)

作者简介



彭 辉, 硕士, 工程师, 主要研究方向为功能食品的研究。

E-mail: penghui@dgsilang.com



刘 绍, 博士, 副教授, 主要研究方向为食品加工与安全。

E-mail: liushao1@sohu.com

食品加工工艺优化及应用研究

随之人类对自身健康的关注及生活水平的提高, 加工食品因保持其原色、原味及食品营养成分的优越性备受关注。越来越多的新工艺新方法应用于食品加工业, 尤其是多种工艺的综合利用, 对食品行业的发展起到了巨大的推动作用。

鉴于此, 本刊特别策划“食品加工工艺优化及应用研究”专题, 主要围绕加工工艺优化(提取工艺优化、配方优化、纯化优化、制备优化、响应面法优化等)、食品加工的综合利用及评价等问题展开讨论, 计划在 2021 年 2/3 月出版。

鉴于您在该领域的成就, 学报主编国家食品安全风险评估中心 吴永宁 研究员特邀请您为本专题撰写稿件, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力, 综述及研究论文均可。请在 2021 年 1 月 30 日前通过网站或 E-mail 投稿。我们将快速处理并经审稿合格后优先发表。

同时烦请您帮忙在同事之间转发一下, 希望您能够推荐该领域的相关专家并提供电话和 E-mail。再次感谢您的关怀与支持!

投稿方式(注明专题食品加工工艺优化及应用研究):

网站: www.chinafoodj.com(备注: 投稿请登录食品安全质量检测学报主页-作者

登录-注册投稿-投稿栏目选择“2020 专题: 食品加工工艺优化及应用研究”)

邮箱投稿: E-mail: jfoodsqa@126.com(备注: 食品加工工艺优化及应用研究专题投稿)

《食品安全质量检测学报》编辑部