

菊粉改善酥性饼干的品质及降低消化速率

张灿, 张康逸, 朱笑鹏, 郭东旭, 康志敏

(河南省农业科学院农副产品加工研究中心, 河南郑州 450008)

摘要: 可溶性膳食纤维可以抑制淀粉的水解消化, 为研究菊粉对饼干品质的影响, 通过均匀设计法优化菊粉饼干的配方工艺, 并通过模拟人体胃肠道消化过程研究菊粉对饼干消化的影响。结果表明: 最佳配方为低筋粉 100 g, 水 20 g, 木糖醇 15.05 g, 菊粉 12.60 g, 油脂(黄油:玉米油=1:1) 31 g, 小苏打 0.5 g, 食盐 0.5 g。另外, 测得菊粉饼干脂肪含量为 16.54%, 蛋白质 3.33%, 膳食纤维 6.87%, 碳水化合物 56.63%。通过体外消化模拟结果表明加入菊粉之后, 饼干的快消化淀粉含量从 14.51% 下降到 3.06%, 慢消化淀粉和抗性淀粉的含量分别增加了 3.67% 和 0.20%, 且菊粉饼干的体外消化率低于空白饼干, 预测菊粉饼干血糖指数为 68.36, 属于中等血糖指数食品。故对于高油脂饼干而言, 菊粉可以抑制其淀粉的水解消化, 降低其血糖指数, 菊粉的应用对于开发中低血糖指数产品具有重要意义。

关键词: 菊粉; 均匀设计; 消化性; 血糖指数

文章编号: 1673-9078(2020)02-166-171

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2020.2.024

Quality Improvement and Digestion Rate Reduction of Inulin Biscuit

ZHANG Can, ZHANG Kang-yi, ZHU Xiao-peng, GUO Dong-xu, KANG Zhi-min

(Center of Agricultural Products Processing, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450008, China)

Abstract: Soluble dietary fiber can inhibit the hydrolysis and digestion of starch, in order to study the effect of inulin on the quality of biscuits, the formula of inulin biscuits was optimized by uniform design method, and the effect of inulin on biscuit digestion was studied by simulating the digestion process of human gastrointestinal tract. The results showed that the best formula was as follows: low-gluten flour 100g, water 20 g, xylitol 15.05 g, inulin 12.60 g, oil (butter: corn oil = 1:1) 31 g, baking soda 0.5 g, salt 0.5 g. In addition, fat content was 16.54%, protein 3.33%, dietary fiber 6.87%, and carbohydrate 56.63%. The results of in vitro digestion showed that the content of the fast-digested starch decreased from 14.51% to 3.06%, and the content of the slow-digested starch and resistant starch increased by 3.67% and 0.20%, respectively. The in vitro digestibility of inulin biscuits was lower than that of blank biscuits, and the inulin biscuit was predicted to have a blood sugar index of 68.36, which is a medium glycemic index food. Therefore, inulin can inhibit the hydrolysis and digestion of starch and reduce the glycemic index of high-fat biscuits. The application of inulin is of great significance for the development of low and medium glycemic index products.

Key words: inulin; uniform design; digestibility; glycemic index

菊粉是一种主要存在于菊科植物中的水溶性膳食纤维, 可以降低机体餐后血糖水平、维持机体脂类代谢平衡、提高矿物质元素的生物利用率、增强机体免疫力、具有抗氧化活性、改善结肠微生物群的能力等^[1,2], 故菊粉及其产品比较适合糖尿病人食用。在食品工业中, 菊粉还可以改善食品的质构性状, 提高其加工性能和营养价值, 开发功能性食品。较燕麦纤维、大豆纤维等常见的膳食纤维, 菊粉具有良好的水溶性, 同时具有与面粉相似的粉体特性, 能形成优异的凝胶结构^[3]。

目前, 菊粉在蒸煮类面制品中的应用范围非常广

泛, 如馒头、面条、包子等。Manno 等^[4]通过研究菊粉对硬质小麦面条品质的影响, 表明菊粉的添加改善了面条的结构状态和感官评价, 提高消费者对产品的可接受性。陈瑞红^[5]研究了菊粉对馒头老化过程的影响, 分析得出, 添加菊粉可以有效改善馒头老化现象, 在馒头放置时间延长的过程中菊粉的改良作用更显著。

另外, 在焙烤食品中加入菊粉, 菊粉不仅可以代替部分的脂肪及蔗糖, 同时, 菊粉还能提高焙烤食品的松脆性, 延长其保质期^[6]。Poinot 等^[7]的研究显示, 菊粉能够在不影响面包品质的情况下缩短面包的焙烤时间。此外, 将菊粉应用在饼干中的报道不多, 且研究仅限于饼干配方和工艺的优化, 对货架期的影响, 对其营养特性、降血糖特性等综合评价的研究更是寥寥无几。

收稿日期: 2019-08-31

基金项目: 河南省重大科技专项项目(151100111300)

作者简介: 张灿(1991-), 女, 硕士, 助理研究员, 研究方向: 农产品加工

通讯作者: 张康逸(1981-), 男, 博士, 副研究员, 研究方向: 农产品加工

本试验采用均匀设计法优化了菊粉饼干的工艺,并测定其营养指标,以空白饼干作为对照,测定其消化特性和血糖值,为菊粉作为新食品原料在饼干中的应用提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

金龙鱼糕点用低筋小麦粉(湿面筋含量 23.1%,蛋白质 8.2%,水分 13%,灰分 0.6%),益海嘉里有限责任公司;金龙鱼食用玉米油,益海嘉里有限责任公司;黄油,广州南桥食品有限公司;木糖醇,河南万邦实业有限公司;菊粉(纯度 95.3%,聚合度小于 10,低聚糖含量 51.2%),中食月太健康科技有限公司;小苏打,安琪酵母股份有限公司;乙醇,分析纯,国药集团化学试剂有限公司;石油醚,分析纯,国药集团化学试剂有限公司;乙醚(分析纯),国药集团化学试剂有限公司;氢氧化钠(分析纯),国药集团化学试剂有限公司;丙三醇(分析纯,国药集团化学试剂有限公司);3,5-二硝基水杨酸(分析纯),上海科丰实业有限公司; α -淀粉酶(分析纯),上海索莱宝生物科技有限公司;葡萄糖化酶(分析纯),上海索莱宝生物科技有限公司。

1.2 仪器与设备

AL204 电子天平,梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司;烤箱,广州优连食品加工机械有限公司;MB35 快速水分测定仪,美国 OHAUS 公司;马弗炉,北京中兴伟业仪器有限公司;DF-601 膳食纤维测定仪,上海纤检仪器有限公司;K1100 全自动凯氏定氮

仪,济南奥卓生物科技有限公司;SY-1230 恒温水浴槽,美国精琪有限公司;UV-5000 紫外可见分光光度计,上海翱艺仪器有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 菊粉酥性饼干的制作

1.3.1.1 工艺流程

菊粉酥性饼干基本配方:低筋粉 100.0% (以低筋粉 100 g 计),水 20.0%,木糖醇 23.0%,菊粉 9.0%,油脂(黄油:玉米油=1:1) 25.0%,小苏打 0.5%,食盐 0.5%。称取黄油融化,加入玉米油、木糖醇、菊粉、小苏打、食盐和水,搅拌至完全溶解,加入低筋粉,和面 2 min,揉成面团。将面团平均分为 6.5 g 的小剂子,用模具成型,上火 160 °C,下火 140 °C,烘烤 18 min (9 min 时烤盘调整方向,保证均匀烤制),冷却。

1.3.1.2 均匀设计试验

表 1 均匀设计试验

Table 1 Uniform design test

序号	X ₁ /%	X ₂ /%	X ₃ /%
N ₁	3	26	17
N ₂	9	29	15
N ₃	15	31	19
N ₄	12	25	21
N ₅	6	30	27
N ₆	0	28	23
N ₇	18	27	25

参考多篇相关文献^[8-10],采用均匀设计方法,选择菊粉添加量 X₁、油脂添加量 X₂和木糖醇添加量 X₃个因素,确定每个因素的 7 个水平,采用 DPSv7.05 软件设计试验,均匀试验方案如表 1。

表 2 感官评价表

Table 2 Sensory evaluation form

评价指标	优	良	差
质地	内部结构细腻均匀,有明显层次感、无杂质和油污(11~20)	内部略有孔,层次较清晰,质地较粗糙,稍有油污(6~10)	内部质地僵硬,油污重,有杂质(<6)
口感气味	口感细腻,酥松香脆,甜度适中,滋味纯正,气味的香甜适中,无异味(21~30)	口感略紧实发硬,不酥脆,甜味过浓或过淡,无香味,略有异味(11~20)	口感紧实发硬,不酥脆,粘牙,有异味(<10)
外观	外观完整,厚薄基本均匀,不收缩,不变形,不起泡(16~25)	凹底面积不超过 1/3,片形不太完整,收缩和变形少,起泡少(6~15)	外形不完整,厚薄不均匀,表面起泡,凹底和收缩多,破碎较严重(<6)
色泽	色泽均匀,呈现均一的金黄色,边缘不带或略带焦黄(16~25)	色泽稍不均匀,略有过焦过白现象,表面有阴影(6~15)	色泽不均匀,局部有焦褐色(<6)

组织 15 名有感官评价经验的评价人员从饼干的质地、口感气味、外观、色泽 4 个方面进行感官评分, 感官评价方案如表 2。

1.3.2 饼干基本指标的测定

1.3.2.1 饼干水分的测定

利用快速水分测定仪测定。

1.3.2.2 饼干碱度的测定

按照 GB/T 20980-2007 方法测定。

1.3.2.3 饼干灰分的测定

按照 GB 5009.4-2016 方法测定。

1.3.2.4 饼干脂肪的测定

按照国标 GB 5009.6-2016 酸水解法并做一定的修改。称取 2 g 饼干粉末于 50 mL 试管中, 加入 8 mL 蒸馏水和 10 mL 盐酸, 混合均匀, 将试管置于 80 °C 水浴锅中, 每 10 min 搅拌一次, 消化 50 min 至饼干样品完全消化。取出试管, 加入 10 mL 95% 的乙醇, 混合均匀, 转移到 100 mL 离心管中, 并用 25 mL 的乙醚冲洗试管, 一并倒入离心管中, 盖上盖子, 震荡 1~2 min, 缓慢打开盖子, 放出气体, 再盖上盖子静置 15 min, 用石油醚-乙醚 1:1 混合液冲洗盖子及管口附着的脂肪, 静置 20 min, 待上层液体清晰, 吸收上清液于恒重的锥形瓶中, 再用 5 mL 乙醚冲洗离心管, 震荡 1 min, 静置 10~15 min, 将上层油脂层吸出置于原锥形瓶中, 将锥形瓶水浴蒸干, 置于 115 °C 烘箱中干燥 2 h, 放于干燥器中冷却, 反复称重至恒重。计算公式如下:

$$\text{脂肪}(\%) = \frac{m_1 - m_2}{m_0} \times 100\%$$

其中: m_1 -锥形瓶和粗脂肪总重, g; m_2 -锥形瓶重, g; m_0 -样品重, g。

1.3.2.5 饼干蛋白质的测定

按照 GB 5009.5-2016 用凯氏定氮仪测定。

1.3.2.6 饼干膳食纤维的测定

按照 GB 5009.88-2014 用膳食纤维测定仪测定。

1.3.3 饼干消化特性的测定

溶液的配制: 10% NaOH 溶液: 称取 5 g NaOH 于小烧杯中溶解, 定容到 50 mL。

3,5-二硝基水杨酸显色溶液: 称取 0.65 g 的 3,5-二硝基水杨酸于小烧杯中溶解, 移取 32.5 mL NaOH 溶液, 然后加入 1.5 mL 丙三醇待完全溶解后, 定容至 100 mL 棕色容量瓶中。

葡萄糖标准溶液: 称取葡萄糖 0.1 g 于小烧杯中溶解, 再用蒸馏水定容到 100 mL。

葡萄糖标准曲线的测定: 取 6 只 100 mL 的容量瓶, 分别加入 0、1、2、3、4、5、6 mL 葡萄糖标准

溶液, 用蒸馏水定容至 100 mL。移取 1 mL DNS 于试管中, 再取 1 mL 葡萄糖标准液于试管中, 加入 4 mL 蒸馏水, 沸水浴 5 min, 取出试管迅速置于冰水中冷却, 定容至 100 mL, 用蒸馏水调零, 在 490 nm 波长下进行吸光度的测定。

下图为以葡萄糖含量为横坐标, 吸光度值为纵坐标绘制的标准曲线。

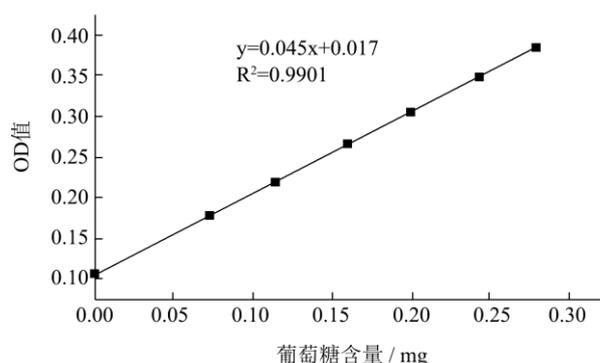


图 1 葡萄糖标准曲线

Fig.1 Standard curve of glucose

消化淀粉含量的测定: 根据 Englyst 法可以将淀粉分为快消化淀粉(RDS)、慢消化淀粉(SDS)和抗性淀粉(RS)三类。RDS 是指在 0-20 min 内被水解掉的淀粉, 机体进食后血糖响应值迅速升高, 不利于糖尿病患者、中老年人等人群; SDS 是指在 20-120 min 内能被缓慢水解掉的淀粉, 可以维持人体血糖水平的平衡; RS 是指在 180 min 内不能被水解的淀粉, 不会导致血糖的升高, 具有调节肠胃的功能^[11-13]。因此, 中、低 GI 食品要求有较高含量的 SDS、RS 和较低含量的 RDS。

参考吴泽河^[14]的方法并做一定的修改, 称取饼干样品 0.5 g 于离心管中, 加入 10 mL 的乙酸钠缓冲溶液, 待缓冲溶液与饼干样品充分混合后, 再加入 0.2 mL 混合酶液(α -淀粉酶 3700 U/g 和葡萄糖化酶 100000 U/g)。然后将装有样品的离心管放入 37°C 的恒温震荡中, 分别酶解 0 min、20 min、30 min、60 min、90 min、120 min、150 min、180 min, 取上清液 1 mL 于试管中, 然后加入 1 mL DNS 溶液, 再加入 4 mL 的蒸馏水, 沸水浴 5 min。取出试管迅速置于冰水中冷却, 定容至 100 mL, 按照葡萄糖标准曲线测定方法进行测定。

$$SDS(\%) = \frac{(G_{120} - G_{20}) \times 0.9}{TS} \times 100\%$$

$$RDS(\%) = \frac{(G_{20} - G_0) \times 0.9}{TS} \times 100\%$$

$$RS(\%) = \frac{[TS - (SDS + RDS)] \times 0.9}{TS} \times 100\%$$

其中: G_{120} -酶解 120 min 葡萄糖的含量, mg; G_{20} -酶解 20 min 葡萄糖的含量, mg; G_0 -酶解 0 min 葡萄糖的含量, mg;

0.9-转化因子; TS-样品质量, mg。

淀粉消化速率:

$$\text{水解率}(\%) = \frac{\text{取样点时已水解葡萄糖量}}{\text{样品总质量}}$$

$$\text{水解指数}(\text{HI}) = \frac{\text{取样点的水解率曲线下的面积}}{\text{对照样品水解率曲线下的面积}}$$

血糖指数的预测: 本试验采用 Goni^[15] 的体外消化动力学方法, 体外模拟人体肠道消化系统 (模拟消化系统条件如 1.3.3), 对饼干水解率曲线进行一级动力学拟合, 其方程为: $C_t = C_\infty \times (1 - e^{-kt})$, 用 Origin 8.0 软件进行模型拟合制图, 并计算出平衡浓度 C_∞ , 水解平衡常数 k , 利用一级反应方程式计算水解曲线下的面积。

样品水解曲线下的面积:

$$\text{AUC} = C_\infty(t_f - t_0) - (C_\infty/k)[1 - e^{-k(t_f - t_0)}]$$

其中: C_∞ -平衡浓度(t_{180}), t_f -最终时间(90min), t_0 -初始时间(0min), k -水解平衡常数。

通过测定淀粉在 90 min 时水解指数(HI), 代入其线性回归方程得到食品的血糖指数 (Glycemic Index, GI), $\text{GI} = 39.71 + 0.549\text{HI}_{90}$ ($R = 0.894$)。

1.3.4 数据处理

试验数据采取 Excel 2016, Origin 8.0 及 DPSv 7.05 软件数据处理软件进行处理分析, 试验重复三次, 用平均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示。

2 结果与分析

2.1 菊粉酥性饼干的工艺优化

表 3 均匀设计试验结果

Table 3 Uniform design test results

实验组别	因素水平			感官得分
	菊粉添加量/%	油脂添加量/%	木糖醇添加量/%	
N ₁	3	26	17	76.3±0.3 ^{cd}
N ₂	9	29	15	76.7±0.3 ^{bc}
N ₃	15	31	19	76.6±0.1 ^{bc}
N ₄	12	25	21	76.1±0.2 ^{de}
N ₅	6	30	27	77.3±0.3 ^a
N ₆	0	28	23	76.9±0.1 ^{ab}
N ₇	18	27	25	75.8±0.2 ^e

注: 数据结果用平均数±标准差表示, 同列若字母相同, 表示差异不显著 ($p > 0.05$), 同列若字母不同, 表示差异性显著 ($p < 0.05$)。

表为均匀设计试验的感官得分, 不同配方之间存在显著性差异, 采用 DPSv7.05 软件得到回归方程为:

$$Y = 111.7256 - 2.9175X_2 + 0.1890X_3 + 0.5696X_2X_2 - 0.0041X_2X_3 - 0.001914X_3X_3$$



图 2 菊粉饼干照片

Fig.2 Picture of inulin biscuits

得到的最佳工艺为: 菊粉添加量 12.60%, 油脂添加量 31%, 木糖醇添加量 15.05%, 感官评分为 77.5872, 经过重复试验验证, 感官得分为 77.4, 与预测值接近。据此确定空白饼干的配方为低筋粉 100.0% (以低筋粉 100 g 计), 水 20.0%, 木糖醇 10.01%, 油脂 (黄油:玉米油=1:1) 25.0%, 小苏打 0.5%, 食盐 0.5% (菊粉的甜度为蔗糖的 30%~50%, 试验中选 40%, 木糖醇甜度与蔗糖相仿, 故试验中木糖醇的添加量须减去菊粉添加量的 40%)。菊粉饼干的图片如图 2 所示。

2.2 菊粉饼干理化指标

采用快速水分测定仪测得菊粉饼干的水分含量为 1.68% < 4%, 符合国标中对酥性饼干水分含量的要求。同时, 测得菊粉饼干的碱度为 0.11% < 0.4%, 符合国标中对酥性饼干碱度的要求。菊粉饼干的其他理化指标如表 4 和表 5 所示。

表 4 菊粉饼干的理化指标

Table 4 Physical and chemical indicators of inulin biscuits

营养成分	含量/%
灰分	5.48±0.22
脂肪	16.54±0.13
蛋白质	3.33±0.11
膳食纤维	6.87±0.24
碳水化合物	56.63±0.21

表 5 菊粉饼干的质构指标

Table 5 Texture indicators of inulin biscuits

质构指标	
硬度	233.13±3.86
弹性	0.63±0.01
胶黏性	19.77±3.01
咀嚼性	12.41±2.13

2.3 菊粉饼干中快消化淀粉、慢消化淀粉和抗

性淀粉的含量变化

如表 6 所示为菊粉饼干和空白饼干的 RDS、SDS 和 RS 的含量。加入菊粉之后,饼干的 RDS 含量从 14.51% 下降到 3.06%, SDS 和 RS 的含量分别增加了 3.67% 和 0.20%。有研究表明,可溶性膳食纤维因其高黏度特性在一定程度上可以抑制淀粉的水解^[16]。加入菊粉后快消化淀粉下降的原因可能为一方面高温破坏了饼干中淀粉原有的晶体结构,另一方面可能是加入菊粉后,菊粉的高粘度特性阻碍了消化酶与淀粉的接触,形成了慢消化特性,降低了淀粉的水解速率,也即促使 SDS 和 RS 含量增加。

表 6 饼干中的淀粉含量

Table 6 Starch content in biscuits

项目	RDS/%	SDS/%	RS/%
菊粉饼干	3.06±0.22	14.76±0.12	89.74±0.10
空白饼干	14.51±0.15	11.09±0.09	89.54±0.33

2.4 菊粉饼干的体外消化

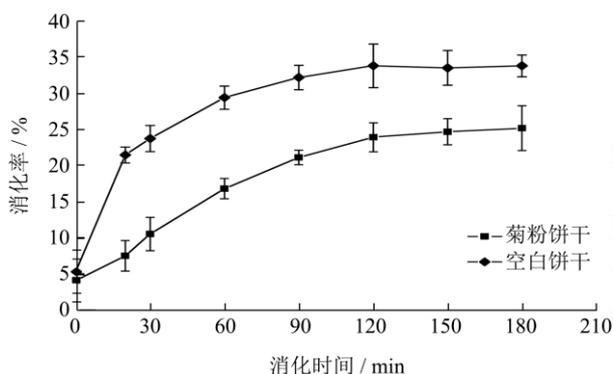


图 3 饼干的体外消化速率

Fig.3 The *in vitro* digestion rate of biscuits

如图 3 所示为菊粉饼干和空白饼干的体外消化速率,随着时间的增加,空白饼干和菊粉饼干的水解程度趋于平衡。在 0~20 min 内空白饼干的消化速率比菊粉饼干的消化速率高 15% 左右,即加入菊粉后,淀粉的水解率降低,究其原因,加入菊粉后形成了高粘度的胶体,阻碍了消化酶与淀粉颗粒的接触。Jose^[17]将菊粉添加到黑麦粥中,溶解的菊粉在淀粉颗粒周围形成保护层,限制其膨胀和直链淀粉释放,降低了淀粉的消化率和黑麦粥的血糖指数。对图 3 进行拟合后得到一级动力学模型和方程的特征参数如图 4 和表 7 所示,由表 7 可知,空白饼干和菊粉饼干在 0~180 min 的平衡浓度 C_{∞} 分别为 33.23% 和 26.91%,水解平衡常数 K 即一级动力学水解速率分别为 0.05 h^{-1} 和 0.02 h^{-1} (已核实,水解平衡常数 K 是一级动力学水解速率,有单位为 h^{-1}),可知加入菊粉后饼干的消化速率比空

白饼干的消化速率慢,表明进食菊粉饼干后机体血糖值短时间内升高较空白饼干慢。

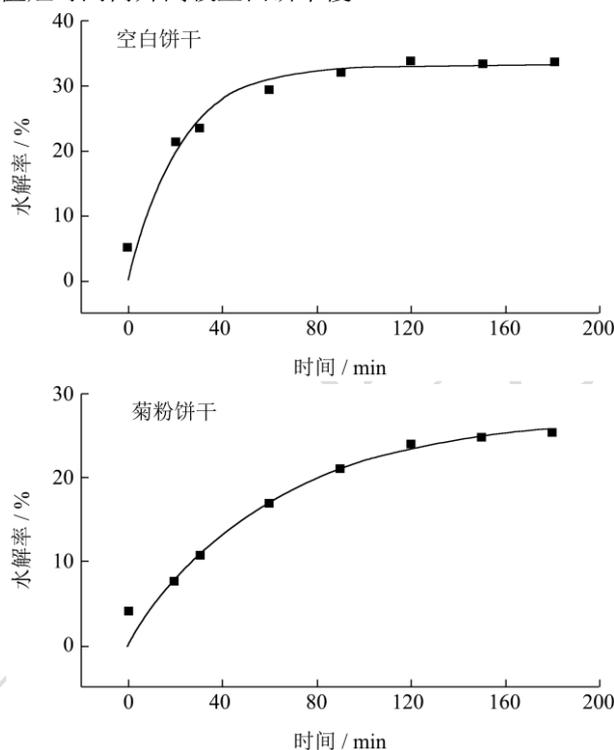


图 4 体外消化一级动力学拟合曲线

Fig.4 First order kinetics fit curve of *in-vitro* digestion

表 7 不同饼干动力学方程特征参数、水解指数、血糖指数

Table 7 The characteristic parameters, hydrolysis index, blood glucose index of different biscuits

样品	C_{∞}	K	HI_{90}	GI
空白饼干	33.23	0.05	100.00	100.00
菊粉饼干	26.91	0.02	52.19	68.36

通过 Origin 8.0 软件拟合一级动力学模型,得到动力学公式,空白饼干水解率动力学公式为: $C_t=33.23 \times (1-e^{-0.045t})$, $R^2=0.9377$;菊粉饼干水解率动力学公式为: $C_t=26.91 \times (1-e^{-0.017t})$, $R^2=0.9574$ 。计算得到菊粉饼干的 HI_{90} 为 52.19,血糖指数为 68.36,属于中等血糖指数食品($55 < GI < 70$),故在饼干中加入菊粉可有效降低饼干的血糖指数。

3 结论

通过均匀设计法优化得到菊粉饼干的最佳配方为低筋粉 100 g,水 20 g,木糖醇 15.05 g,菊粉 12.60 g,油脂(黄油:玉米油=1:1) 31 g,小苏打 0.5 g,食盐 0.5 g,上火 160 °C,下火 140 °C,烘烤 18 min,在此配方下制作的菊粉饼干口感酥松、质地均匀、色泽金黄。另外,测得菊粉饼干脂肪含量为 16.54%,蛋白质 3.33%,膳食纤维 6.87%,碳水化合物 56.63%,与传统的饼干相比,低糖低脂,富含膳食纤维,更具营养。

加入菊粉之后,饼干的快消化淀粉含量从14.51%下降到3.06%,慢消化淀粉和抗性淀粉的含量分别增加了3.67%和0.20%。且菊粉饼干的体外消化率低于空白饼干,预测血糖指数为68.36,属于中等血糖指数食品。

参考文献

- [1] Balthazar C F, Silva H L A, Esmerino E A, et al. The addition of inulin and *Lactobacillus casei* 01 in sheep milk ice cream [J]. Food Chemistry, 2018, 246: 464-472
- [2] Shoaib M, Shehzad A, Omar M, et al. Inulin: Properties, health benefits and food applications [J]. Carbohydrate Polymers, 2016, 147: 444-454
- [3] 罗登林,武延辉,徐宝成,等.菊粉在面制品中的应用现状及展望[J].食品科学,2014,35(3):253-258
LUO Deng-lin, WU Yan-hui, XU Bao-cheng, et al. Application status and prospect of inulin in noodle products [J]. Food Science, 2014, 35(3): 253-258
- [4] Manno D, Filippo E, Serra A, et al. The influence of inulin addition on the morphological and structural properties of durum wheat pasta [J]. International Journal of Food Science and Technology, 2009, 44(11): 2218-2224
- [5] 陈瑞红.短链菊粉对馒头品质的影响[D].郑州:河南科技大学,2014
CHEN Rui-hong. Effect of short-chain inulin on the quality of steamed bread [D]. Zhengzhou: Henan University of Science and Technology, 2014
- [6] 穆莎茉莉,李洪军,刘丽娜.菊粉生理功能研究进展[J].粮食与油脂,2006,35:47-48
MO Sa-mo-li, LI Hong-jun, LIU Li-na. Progress in research on physiological function of inulin [J]. Grain and Oil, 2006, 35: 47-48
- [7] Poinot P, Arvisenet G, Grua-Priol J, et al. Influence of inulin on bread: Kinetics and physico-chemical indicators of the formation of volatile compounds during baking [J]. Food Chemistry, 2010, 119(4): 1474-1484
- [8] 吴泽河,熊双丽.响应面-主成分分析法优化低糖菊芋饼干配方[J].核农学报,2018,32(3):539-547
WU Ze-he, XIONG Shuang-li. Optimization of low-sugar Jerusalem artichoke biscuits by response surface-principal component analysis [J]. Chinese Journal of Nuclear Agriculture, 2018, 32(3): 539-547
- [9] 李云捷,于博,吴进菊,等.响应面法优化韧性胎菊饼干配方[J].食品研究与开发,2017,38(20):104-108
LI Yun-jie, YU Bo, WU Jin-ju, et al. Optimization of resilience fetal chrysanthemum biscuits by response surface methodology [J]. Food Research and Development, 2017, 38(20): 104-108
- [10] 李雨露,刘丽萍.菊粉苦荞粉无糖饼干品质影响因素及配方研究[J].食品工业,2016,37(1):186-189
LI Yu-lu, LIU Li-ping. Influencing factors and formulation of quality of inulin-free bitter powder sugar-free biscuits [J]. Food Industry, 2016, 37(1): 186-189
- [11] Englyst H N, Hudson G J. The classification and measurement of dietary carbohydrates [J]. Food Chemistry, 1996, 1: 15-21
- [12] 付蕾,田纪春,汪浩.抗性淀粉理化特性研究[J].中国粮油学报,2009,24(5): 58-62
FU Lei, TIAN Ji-chun, WANG Hao. Study on physical and chemical properties of resistant starch [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2009, 24(5): 58-62
- [13] 付蕾,田纪春.抗性淀粉制备、生理功能和应用研究进展[J].中国粮油学报,2008,23(2):206-210
FU Lei, TIAN Ji-chun. Progress in preparation, physiological function and application of resistant starch [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2008, 23(2): 206-210
- [14] 吴泽河.菊芋饼干加工工艺及品质分析[D].绵阳:西南科技大学,2018
WU Ze-he. Processing technology and quality analysis of Jerusalem artichoke biscuits [D]. Mianyang: Southwest University of Science and Technology, 2018
- [15] Goñi I, García-Diz L, Mañas E, et al. Analysis of resistant starch: A method for foods and food products [J]. Food Chemistry, 1996, 56(4): 445-449
- [16] Mackie A. Roles for dietary fibre in the upper GI tract: The importance of viscosity [J]. Food Research International, 2016, 88: 234-238
- [17] Jose L, Vazquez G, Daniel J, et al. Effects of added inulin and wheat gluten on structure of rye porridge [J]. LWT-Food Science and Technology, 2016, 66: 211-216