

不同比例全麦粉全麦面包的感官品质和稳糖效果比较

侯梦雅¹, 郭政利², 陈媚依³, 朱甜甜¹, 张宇¹, 胡筱波^{1*}

(1. 华中农业大学食品科学技术学院, 湖北武汉 430070)

(2. 青岛莱西市市场监督管理局稽查大队, 山东青岛 266699) (3. 武汉百味来科技有限公司, 湖北武汉 430070)

摘要: 以不同全麦粉比例(50%、70%、90%、100%)的全麦面包为原料, 通过分析不同全麦面包的色度和基本成分, 并进行感官评价、人体血糖测试试验, 研究不同比例全麦粉全麦面包感官品质和稳糖效果的变化。结果表明: 随着全麦粉比例增加, 不同全麦面包面包芯的颜色变深, 4种全麦面包总体评分在76.57~83.29, 都在消费者可接受范围内。以不同全麦粉比例(50%、70%、90%、100%)的全麦面包膳食纤维含量在相比于全麦粉比例为50%、70%的全麦面包, 全麦粉比例为90%、100%的全麦面包膳食纤维含量显著增加($P<0.05$), 直链淀粉含量显著降低($P<0.05$)。人体血糖值测试研究表明: 不同全麦粉比例全麦面包血糖指数(Glycemic Index, GI)值分别为70.28、64.76、45.47、43.43, 其中全麦比例为50%的全麦面包为高GI食品, 全麦比例为70%的全麦面包为中GI食品, 全麦比例为90%、100%的全麦面包为低GI食品。综上所述, 相比于全麦粉比例为50%、70%的全麦面包, 全麦粉比例为90%、100%的全麦面包面包品质和稳糖效果较好。该结果为轻食系列产品提供理论参考。

关键词: 全麦面包; 感官评价; 血糖生成指数(GI); 人体血糖测试; 稳糖效果

文章编号: 1673-9078(2023)12-29-34

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2023.12.0849

Different Proportions of Whole Wheat Flour on the Sensory Quality and Glycemic Control of Whole Wheat Bread

HOU Mengya¹, GUO Zhengli², CHEN Meiyi³, ZHU Tiantian¹, ZHANG Yu¹, HU Xiaobo^{1*}

(1.College of Food Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

(2.Inspection Team of Laixi Municipal Market Supervision Administration, Qingdao 266699, China)

(3.Wuhan Baiweilai Technology Co. Ltd., Wuhan 430070, China)

Abstract: Whole wheat bread with different proportions of whole wheat flour (50%, 70%, 90%, and 100%) was used as the material to analyze the chromaticity and basic components of different whole wheat bread. Sensory evaluation and human blood glucose testing were conducted on different whole wheat breads. The purpose was to determine the effect of different proportions of whole wheat flour on the sensory quality and glycemic control of whole wheat bread. With the increase in the proportion of whole wheat flour, the color of the whole wheat bread cores become darker. The overall consumer scores of the four kinds of whole wheat bread were 76.57~83.29, which indicates popularity with consumers. Dietary fiber content of whole wheat bread with 90% and 100% whole wheat flour ratio increased ($P<0.05$) and the straight chain starch content decreased ($P<0.05$), compared to 50% and 70% whole wheat bread. Human blood glucose tests showed that the glycemic index (GI) of the 50%, 70%, 90%, and 100% whole wheat breads were 70.28, 64.76, 45.47 and 43.43, respectively. Bread with 50% whole wheat was considered a high GI food; bread with 70% whole wheat, a medium GI food; bread with 90% and 100% whole wheat, a low GI food. In summary, compared with bread with a proportion of 50% and 70% whole wheat flour, bread with a proportion of 90% and 100% whole wheat flour had better bread quality and glycemic control.

引文格式:

侯梦雅,郭政利,陈媚依,等.不同比例全麦粉全麦面包的感官品质和稳糖效果比较[J].现代食品科技,2023,39(12):29-34

HOU Mengya, GUO Zhengli, CHEN Meiyi, et al. Different proportions of whole wheat flour on the sensory quality and glycemic control of whole wheat bread [J]. Modern Food Science and Technology, 2023, 39(12): 29-34

收稿日期: 2023-07-14

基金项目: 校企合作项目(707122428)

作者简介: 侯梦雅(1997-)女, 硕士, 研究方向: 农产品加工与贮藏, E-mail: mengyahouhuzau@163.com

通讯作者: 胡筱波(1974-), 女, 博士, 副教授, 研究方向: 农产品加工与贮藏, E-mail: hxbhzau@126.com

Key words: whole wheat bread; sensory evaluation; glycemic index (GI); human blood glucose concentration test; slowly raise blood glucose effect

随着人们生活水平的提高,人们对营养和健康越来越关注,全谷物食品具有越来越大的市场和消费空间。《中国居民膳食指南(2022)》^[1]建议成年人每人每天摄入谷类 200~300 g。2022 年 9 月 19 日,顺利召开的第 58 届欧洲糖尿病研究协会年会(EASD)上,DNSG 主席 Ulf Riserus 教授《糖尿病与营养研究组(DNSG):糖尿病治疗和预防膳食指南》鼓励食用含天然高膳食纤维的食物,并建议将经过最少加工的全谷物、蔬菜、豆类、种子、坚果和水果作为膳食纤维的来源。

全麦粉中富含对人体有益的膳食纤维、矿物质元素以及一些生物活性物质等,其营养远高于经过精制后的面粉^[2],长期食用可降低心脑血管疾病、II 型糖尿病、肥胖、癌症等疾病的发病风险^[3]。全麦产品比用小麦和其他谷物生产的产品含有更低的血糖指数(Glycemic Index, GI)^[4],因此特别适合糖尿病患者食用。早在 2000 年,美国国际化学家协会(AACCI)就对全谷物进行定义^[5]。当前我国行业规定:全麦面包指全麦粉比例为 50%及以上的面包。全麦面包具有越来越大的市场和消费空间,根据七年五季全麦烘焙品牌的销售情况来看,2022 年全麦面包销售额已达到 3.5 亿元,同比增长 1.2%。全麦面包作为健康、低脂的食品,具有改善血糖、降血脂、抗炎与改善肠道的功能特性。Jonsson 等^[6]的研究表明黑麦食品可通过

增加饱腹感来达到控制体重的目的,且对降血脂也有一定的作用;Aumiller 等^[7]研究表明全谷物食品可起到调节肠道微生物菌群的作用。100%全麦粉的全麦面包确定具有良好的健康效应,同时也会有口感略粗,颜色略深等问题,且全麦粉比小麦粉成本要高,企业想减少全麦粉的添加比例,又想评估降低比例后的全麦面包的健康效果,基于此,设计了 50%、70%、90%和 100%全麦面包之间的比较研究。

本研究以不同比例全麦粉的全麦面包为原料,对不同全麦面包的色度、营养成分进行测定,并进行感官评价和人体血糖测试,希望能为企业开发全麦面包系列产品提供理论基础和数据参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

全麦粉比例为 50%、70%、90%、100%的全麦面包(本研究中“不同全麦面包”均指“不同全麦粉比例的全麦面包”;“Con”指“白面包”,“50B、70B、90B、100B”分别指“全麦粉比例为 50%、70%、90%、100%的全麦面包”),由武汉七年五季百味来科技有限公司提供,面包配方如表 1 所示。

D-无水葡萄糖(分析纯),国药试剂有限公司;葡萄糖试剂盒,南京建成有限公司。

表 1 几种面包的配方

Table 1 Formulations for bread

组别	工艺配方
50B	全麦粉 375 g; 高筋小麦粉 375 g; 酵母 30 g; 盐 11.25 g; 麦芽糖醇 60 g; 山梨糖醇 30 g; 水 427.5 g。
70B	全麦粉 525 g; 高筋小麦粉 225 g; 酵母 30 g; 盐 11.25 g; 麦芽糖醇 60 g; 山梨糖醇 30 g; 水 427.5 g。
90B	全麦粉 675 g; 高筋小麦粉 75 g; 酵母 30 g; 盐 11.25 g; 麦芽糖醇 60 g; 山梨糖醇 30 g; 水 427.5 g。
100B	全麦粉 750 g; 酵母 30 g; 盐 11.25 g; 麦芽糖醇 60 g; 山梨糖醇 30 g; 水 427.5 g。

注: 50B 为全麦粉比例为 50%的全麦面包; 70B 为全麦粉比例为 70%的全麦面包; 90B 为全麦粉比例为 90%的全麦面包; 100B 为全麦粉比例为 100%的全麦面包。

1.2 仪器与设备

MKX-J1A 微波炉,青岛迈可微波创新科技有限公司; 20902695 电热干燥箱,精宏仪器科技有限公司; NS2 可见分光光度计(NS2-471919020219030010),上海电分析仪器有限公司; 4-10 马弗炉,上海康路仪器设备有限公司; KDN-08C 数控消化炉,上海精隆科学仪器有限公司; CR-400 色度仪,致茂电子仪器有限公司; G3-易准型血糖仪,三诺生物传感股份有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 色度测定

取不同全麦面包片,于微波炉中复温 30 s,用色度仪分别测定面包中心和面包表皮部位的色度值,每个样品测定 10 次,计算平均值±标准差。

1.3.2 人体感官评价

1.3.2.1 志愿者

受试者为 20 名健康人员,身体健康,平均年龄为

23 岁, 平均身体质量指数 (Body Mass Index, BMI) 为 22.17 kg/m²。

1.3.2.2 样品呈送

取新鲜面包, 采用四分法取面包芯样品。将样品随机编号后, 均匀摆放于瓷盘中。

1.3.2.3 感官评价

首先对品评人员进行问卷调查, 参考 GB/T 35869-2018^[8]粮油检验小麦粉面包烘焙品质评价快速烘焙法和徐菁等^[9]研究方法, 并根据全麦面包的特点, 略作修改, 设计面包感官品质评分标准 (表 2)。

表 2 面包品质评分标准

Table 2 Bread quality scoring criteria

评定项目	总分/分	评分标准	分值
整体接受度	9	按喜好程度打分	0~9
外观	20	a.外形饱满完整, 无裂纹、无气泡, 色泽均匀, 棕黄、浅棕色	14~20
		b.外形不饱满, 有小裂纹或气泡, 色泽较不均匀, 表面皱起, 颜色较暗	7~13
		c.外形不饱满, 有大裂纹或气泡, 无丝样光泽, 颜色不均匀, 有烤焦现象	0~6
香气	20	a.发酵和烘焙后的面包香味适中, 无异味, 闻起来典型全麦味	14~20
		b.发酵和烘焙后的面包香味麦香味太浓, 无异味, 闻起来典型全麦味浓郁	7~13
		c.发酵和烘焙后的面包香味较淡, 有酸臭味或其他难闻气味	0~6
滋味	30	a.咸味、甜味、发酵味适中, 酸度适中, 有典型全麦面包的滋味, 口感适中, 回甘	21~30
		b.整体味道偏重, 有典型的全麦滋味, 咸味、甜味、发酵味稍重	11~20
		c.面包滋味偏淡, 咸味甜味不明显, 没有全麦面包的典型味道	0~10
质地	20	a.质地较硬, 气孔均匀、纹理清晰, 呈海绵状, 切片不断裂, 不掉渣, 咀嚼性好	14~20
		b.质地适中, 气孔大小不一、纹理较清晰, 切片断裂, 掉渣不明显, 咀嚼性适中	7~13
		c.质地较软, 气孔不均匀、纹理不清晰, 切片断裂, 切断后有明显掉渣, 咀嚼性不好	0~6

1.3.3 营养成分测定

1.3.3.1 样品制备

取不同比例全麦面包各一片, 于微波炉中复温 30 s, 放入粉碎机粉碎均匀, 装入密封袋, 于 -18 °C 冰箱内冷冻。

1.3.3.2 基本成分测定

水分含量: 采用 GB 5009.3-2016 法 (第一法直接干燥法) 进行测定^[10]。

灰分含量: 采用 GB 5009.4-2016 法 (第一法食品中总灰分的测定) 进行测定^[11]。

蛋白质含量: 采用 GB 5009.5-2016 法 (第一法凯氏定氮法) 进行测定^[12]。

脂肪含量: 采用 GB 5009.6-2016 法进行测定^[13]。

膳食纤维含量: 采用 GB 5009.88-2014 法进行测定^[14]。

1.3.3.3 淀粉含量测定

采用路国权等^[15]的方法, 略作修改。

准确称取样品 1 g, 放入试管中, 加 10 mL 6 mol/L 盐酸和 14 mL 蒸馏水, 混匀。于 100 °C 沸水浴加热 30 min, 用碘-碘化钾溶液检验淀粉水解的程度, 直到淀粉水解完全后, 取出冷却, 抽滤, 滤液用质量分数为 40% 氢氧化钠溶液中和至中性或微碱性, 用水定容至 100 mL, 采用 3,5-二硝基水杨酸 (Dinitrosalicylic Acid, DNS) 法, 在波长 450 nm 下测定其吸光值。

1.3.3.4 直链淀粉含量测定

采用 Varatharajan 等^[16]的方法, 略作修改。

标准曲线的绘制: 取 6 个 100 mL 容量瓶, 分别加入 0.00、0.25、0.50、1.00、1.50、2.00 mL 直链淀粉标准溶液 (1 mg/mL), 再依次加入 5.00、4.75、4.50、4.00、3.50、3.00 mL 支链淀粉标准溶液 (1 mg/mL)。向各瓶中加入去离子水 50 mL, 1 mol/L 的乙酸溶液和碘试剂 (质量分数为 2% 碘化钾+质量分数为 0.2% 碘) 各 1 mL, 定容至 100 mL 后, 避光显色 10 min, 于 620 nm 处读取吸光值。

样品测定: 称取 0.1 g 样品于 50 mL 离心管中, 加入 1 mL 无水乙醇和 9 mL 1 mol/L 的氢氧化钠溶液, 于沸水浴中分散 10 min, 冷却后于 100 mL 容量瓶中定容。取 20 mL 定容后的样品分散于 50 mL 离心管中, 加入 7~10 mL 沸程为 30~60 °C 的石油醚, 间歇摇动 10 min 后静置 15 min, 待样品分层后吸取上层石油醚, 重复以上操作 2 至 3 次以除去脂肪。吸取脱脂后的样品 5 mL 于 100 mL 容量瓶中, 依照标准曲线绘制方法的程序分别加入乙酸溶液和碘试剂, 定容、显色、读取吸光值, 与标准曲线比较得到样品直链淀粉质量, 并根据公式 (1) 计算得到直链淀粉含量:

$$w = \frac{m_1 \times 100}{m_2 \times 5 \times (1 - w_{H_2O})} \times 100\% \quad (1)$$

式中:

w ——直链淀粉占样品干重的质量分数, %;

m_1 ——样品所含直链淀粉的质量, mg;

m_2 ——样品质量, mg;

w_{H_2O} ——样品的水分质量分数, %。

1.3.4 人体血糖值测试

1.3.4.1 受试人员筛选

受试者为 23 名健康人员, 身体健康, 无糖尿病, 年龄在 20~25 岁之间, 平均年龄为 23 岁, 平均 BMI 值为 22.08 kg/m^2 。随机分为 5 组。第一组为对照(白面包)组, 记为 Con; 其余四组分别是全麦比例为 50%、70%、90%、100% 的全麦面包组, 分别标记为 50B、70B、90B、100B 组, 受试者在食用前 8 h 禁食。

1.3.4.2 血糖测试

受试者禁食 8 h 后漱口, 手持血糖仪, 采用指尖取血的方法, 测定受试人员的空腹血糖值。取不同新鲜面包于盘中, 受试者按照 25 g 碳水化合物的量食用面包, Con、50B、70B、90B、100B 组分别食用白面包, 全麦比例为 50%、70%、90%、100% 的全麦面包, 摄入面包后 2 h 内不剧烈运动, 测试期间严禁食用其他食物^[17]。测定空腹血糖值记为 0 min 时的血糖值, 以食用面包第一口时间开始计时, 分别测定餐后 30、60、120 min 的血糖值。

1.3.4.3 人体血糖测试中不同面包 GI 值的计算

根据餐后 2 h 血糖值变化, 通过计算某时间血糖值减去空腹血糖值, 绘制血糖应答曲线, 并用公式(2)计算面包的 GI 值。

$$D = \frac{S}{S_0} \times 100\% \quad (2)$$

式中:

D ——血糖指数 GI, %。

S ——待测样品餐后 2 h 线下应答曲线面积;

S_0 ——标准样品餐后 2 h 线下应答曲线面积。

1.3.5 数据分析

采用 Excel 2021、SPSS 26.0 进行数据处理, 并采用 Original 2021 绘图。

2 结果与分析

2.1 不同全麦粉比例对全麦面包色度的比较

表 3 展示了不同全麦面包中面包皮和面包芯的色度变化。由表可知, 白面包面包芯的亮度值 L^* 值为 83.89, 红绿值 a^* 值为 -1.15, 黄蓝值 b^* 值为 15.66。而全麦面包面包芯的 L^* 值为 66.72~75.44, 红绿值 a^* 值为 1.26~3.14, 黄蓝值 b^* 值为 22.71~24.54, 随着全麦粉比例增加, 面包芯 L^* 值显著降低 ($P < 0.05$), a^* 值、 b^* 值显著升高 ($P < 0.05$), 表明全麦粉的添加会使全麦面包面包芯的颜色变深, 这可能是由于全麦粉的添加量不同。而面包皮的亮度值显著性降低 ($P < 0.05$), 红绿值、黄蓝值呈不规律变化, 这可能是因为全麦粉的添加量不同和面包在烘烤过程中发生美拉德反应共同作用的原因^[5]。全麦粉的添加量对不同全麦面包的色度会产生影响, 为了解消费者对于不同全麦面包的接受度, 我们对不同全麦面包进行了感官评价实验。

2.2 不同全麦粉比例对全麦面包感官品质的比较

表 4 表示不同全麦面包的感官评价结果。由表可知, 全麦比例为 50%、70%、90%、100% 的全麦面包感官评分分别为 83.29、80.52、79.83、76.75, 不同全麦面包的感官评分顺序为: 全麦比例为 50% > 70% > 90% > 100% 的全麦面包, 全麦粉的添加量在一定程度上会影响不同全麦面包的面包质量(外观、香气、滋味、质地等), 但四种全麦面包的感官评分在 76.57~83.29 范围内, 可被不同消费群体接受。

表 3 不同全麦面包色度值

Table 3 Color values of different whole wheat bread

组别	L^*		a^*		b^*	
	面包芯	面包皮	面包芯	面包皮	面包芯	面包皮
Con	83.89±0.43 ^a	61.06±0.75 ^d	-1.15±0.11 ^e	10.80±0.31 ^a	15.66±0.43 ^b	26.53±4.75 ^a
50B	75.44±0.82 ^b	65.78±1.08 ^b	1.26±0.40 ^d	7.11±0.55 ^b	14.04±0.54 ^c	24.54±0.88 ^{ab}
70B	71.67±0.67 ^c	69.98±1.35 ^a	2.13±0.36 ^c	3.95±0.64 ^d	15.15±0.73 ^b	22.35±0.88 ^b
90B	68.17±0.84 ^d	69.83±0.71 ^a	2.58±0.46 ^b	5.01±0.61 ^c	15.53±0.88 ^b	23.07±0.87 ^b
100B	66.72±0.54 ^e	64.33±1.57 ^c	3.14±0.34 ^a	6.86±1.00 ^b	17.01±0.77 ^a	22.71±1.14 ^b

注: 数据为平均值±SD ($n=10$), 显著性水平为 $\alpha=0.05$, 同列右肩不同小写字母表示有显著性差异 ($P < 0.05$)。Con 为普通白面包组; 50B、70B、90B、100B 分别为全麦粉比例为 50%、70%、90%、100% 的全麦面包组。下表同。

表 4 不同全麦面包的感官评价结果

Table 4 Sensory scoring results of whole wheat bread

组别	评分/分
50B	83.29±7.17 ^a
70B	80.52±6.78 ^{ab}
90B	79.83±7.69 ^{ab}
100B	76.57±8.87 ^b

2.3 不同全麦粉比例对全麦面包稳糖效果的比较

由表 5 可知, 不同全麦面包的水分含量为 37.80~38.69 g/100 g, 蛋白质含量为 9.24~10.33 g/100 g, 脂肪含量为 1.13~1.62 g/100 g, 膳食纤维含量为 7.72~17.27 g/100 g, 淀粉含量为 27.74~30.63 g/100 g, 直链淀粉含量为 5.10~10.35 g/100 g。随着全麦粉比例增加, 不同全麦面包中水分、蛋白质、脂肪含量无显著性差异, 膳食纤维含量显著增加 ($P<0.05$), 淀粉、直链

表 5 不同全麦面包营养成分 (g/100 g)

Table 5 Nutritional components of different proportions of whole wheat bread (g/100 g)

组别	水分	灰分	蛋白质	脂肪	膳食纤维	淀粉	直链淀粉
50B	37.80±1.63 ^a	1.03±0.02 ^c	10.33±0.72 ^a	1.33±0.12 ^a	7.72±0.54 ^d	30.63±0.47 ^a	10.35±0.12 ^a
70B	37.66±0.32 ^a	1.24±0.01 ^b	9.56±0.95 ^a	1.62±0.13 ^a	8.67±0.42 ^c	29.09±0.19 ^b	9.90±0.15 ^b
90B	37.97±1.81 ^a	1.46±0.07 ^a	9.70±0.92 ^a	1.13±0.10 ^a	14.03±0.40 ^b	28.19±0.07 ^c	8.63±0.13 ^c
100B	38.69±0.21 ^a	0.78±0.04 ^d	9.24±0.51 ^a	1.27±0.09 ^a	17.27±0.42 ^a	27.74±0.10 ^c	5.10±0.07 ^d

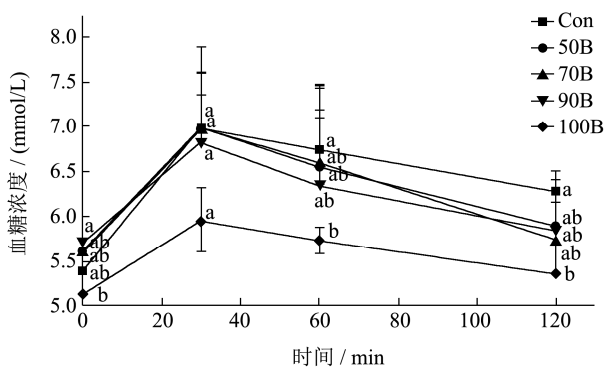


图 1 摄入不同面包后人体血糖值

Fig.1 Human blood glucose concentration values after consuming different breads

注: 数据为平均值±SD ($n=3$), 显著性水平为 $\alpha=0.05$, 同一时间不同组中不同字母表示有显著性差异 ($P<0.05$)。Con 为普通白面包组; 50B、70B、90B、100B 分别为全麦粉比例为 50%、70%、90%、100%的全麦面包组。

表 6 显示, 全麦比例为 50%、70%、90%、100%的全麦面包的 GI 值分别为 70.28、64.76、45.47、43.43, 随着全麦粉比例增加, 不同全麦面包的 GI 值显著降低 ($P<0.05$)。根据欧洲标准对不同全麦面包进行分

淀粉含量显著降低 ($P<0.05$)。全麦粉添加量的不同, 对不同全麦面包营养品质会产生一定影响。100%全麦面包已有研究证明是低 GI 食品, 所以我们后续的人体血糖实验想判定下其他几个比例的全麦面包是否属于低 GI 食品。

人体餐后血糖值能反映摄入不同面包后人体的血糖动态变化^[18]和稳糖效果。图 1 为摄入不同面包人体血糖值变化曲线。随着全麦粉比例增加, 不同全麦面包餐后 2 h 内血糖波动小, 在达到 30 min 峰值后下降趋势缓慢 ($P<0.05$)。由图 1 可知, 与 Con 组相比, 0~30 min 期间, 50B、70B、90B、100B 组血糖值升高趋势缓慢。在 30 min 血糖峰值 100B<90B<70B=50B=Con 组; 在 120 min 时, 血糖值 100B<70B<90B<50B<Con 组。这表明相比于白面包组、50B、70B 组, 90B、100B 组全麦面包引起人体餐后血糖波动小, 稳定餐后血糖水平能力好。下面根据人体血糖值变化, 计算不同全麦面包的 GI 值。

类^[19], 判定为: 全麦比例为 50%的全麦面包属于高 GI 食品, 全麦比例为 70%的全麦面包属于中 GI 食品, 全麦比例为 90%和 100%的全麦面包属于低 GI 食品。

表 6 不同全麦面包 GI 值

Table 6 GI of different whole wheat bread

组别	GI 值
50B	70.28±8.48 ^a
70B	64.76±8.49 ^{ab}
90B	45.47±12.73 ^b
100B	43.43±7.27 ^b

不同全麦面包的 GI 值有显著性差异 ($P<0.05$), 这可能与不同全麦面包中抗性淀粉含量有关^[20,21]。有研究表明: 碳水化合物吸收速度是影响食物 GI 值的主要因素^[22], 碳水化合物吸收速度和直链淀粉含量呈正相关^[23], 和膳食纤维含量呈负相关^[24], 因此, 不同全麦面包中直链淀粉、膳食纤维含量影响其淀粉水解率趋势, 可能进一步影响食物 GI 值。随着全麦粉增加, 膳食纤维含量显著增加 ($P<0.05$), 淀粉、直链淀粉含量显著降低 ($P<0.05$), GI 值降低, 餐后 2 h 内稳糖效果好^[25]。

3 结论

随着全麦粉比例增加,会使全麦面包面包芯的颜色变暗、变红、变黄,影响全麦面包的面包质量,但四种全麦面包的感官评分在 76.57~83.29,仍在消费者可接受范围内。不同全麦面包中膳食纤维含量显著增加($P<0.05$),淀粉、直链淀粉含量显著降低($P<0.05$),全麦比例为 50%、70%、90%、100%的全麦面包的 GI 值分别为 70.28、64.76、45.47、43.43。经研究表明,不同比例全麦粉对全麦面包的面包品质和稳糖效果产生影响。由表 1 可知,不同全麦面包配方中除了主料外没有添加白砂糖等,甜味剂采用的是不产能的麦芽糖醇、山梨糖醇等新型甜味剂代替。有研究证明:低 GI 食品餐后血糖波动小,维持餐后血糖动态平衡能力强,企业如果在目前中高 GI 全麦面包中增加鹰嘴豆、菊粉、白芸豆提取物等明显具有降糖降脂效果的功能成分,可望将全麦比例为 70%全麦面包开发成低 GI 食品,增加七年五季低 GI 系列产品的品类,加强其市场竞争力。

参考文献

- [1] 中国营养学会编著.中国居民膳食指南(2022 版)[M].西藏人民出版社,2022.
- [2] 朱晓月,黄志远,马记红,等.全麦粉营养及生产工艺探讨[J].粮食加工,2014,39(1):12-14.
- [3] 徐小娟.营养面包的开发及其品质提升的研究[D].广州:华南理工大学,2019.
- [4] 侯国泉.全谷物食品-主要原料品种介绍[J].农业机械,2011,11:33-37.
- [5] 李婷婷.发酵方法对全麦面包品质的影响及其机制探究[D].扬州:扬州大学,2022.
- [6] Karin J, Roger A, Knud E, et al. Rye and health - Where do we stand and where do we go? [J]. Trends in Food Science & Technology, 2018, 79: 78-87.
- [7] Aumiller Tobias, Mosenthin Rainer, Weiss Eva, et al. Potential of cereal grains and grain legumes in modulating pigs' intestinal microbiota - A review [J]. Livestock Science, 2015, 172: 16-32.
- [8] GB/T 35869-2018,粮油检验 小麦粉面包烘焙品质评价快速烘焙法[S].
- [9] 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,2020.
- [10] GB 5009.3-2016,食品安全国家标准 食品中水分的测定[S].
- [11] GB 5009.4-2016,食品安全国家标准 食品中灰分的测定[S].
- [12] GB 5009.5-2016,食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定[S].
- [13] GB 5009.6-2016,食品安全国家标准 食品中脂肪的测定[S].
- [14] GB 5009.88-2014,食品安全国家标准 食品中膳食纤维的测定[S].
- [15] 陆国权,李秀玲,丁守仁.盐酸水解 DNS 比色法快速测定甘薯淀粉含量的标准方法研究[J].中国粮油学报,2002,1:25-28.
- [16] Varatharajan V, Hoover R, Liu Q, et al. The impact of heat-moisture treatment on the molecular structure and physicochemical properties of normal and waxy potato starches [J]. Carbohydrate Polymers, 2010, 81(2): 466-475.
- [17] 汪磊.燕麦 β -葡聚糖对面粉、面团特性及馒头品质的影响和机制[D].重庆:西南大学,2017.
- [18] 崔亚楠.低血糖指数原料(谷物、豆类)及工艺筛选和配方冲调粉的研究[D].无锡:江南大学,2017.
- [19] ISO 26642-2010,食品.血糖指数(GI)的测定和食品分类推荐标准[S].欧洲:(IX-ISO)国际标准化组织,2010(E).
- [20] 缪铭,江波,张涛.低血糖生成指数淀粉类衍生物的研究进展[J].食品科学,2008,34(4):452-456.
- [21] 罗霜霜,张星灿,杨健,等.高抗性淀粉大米对方便米饭品质及 GI 值的影响研究[J].粮油食品科技,2021,29(5):99-106.
- [22] 王竹,杨月欣,王国栋,等.淀粉的消化特性与血糖生成指数[J].卫生研究,2003,6:622-624.
- [23] ZHAO Rui, HAO Wenli, MA Baoling, et al. Improvement effect of *Lycium barbarum* polysaccharide on sub-health mice [J]. Iranian Journal of Basic Medical Sciences, 2015, 18(12): 1245-1252.
- [24] 李楠,张良,刘倩楠,等.膳食纤维对饼干体外消化速率的抑制作用[J].现代食品科技,2020,36(8):110-116.
- [25] 安琪.谷薯及豆类中抗性淀粉的评价和体外消化特性研究[D].成都:成都大学,2022.