

添加杂粮粉改善面包品质及营养特性分析

贾彦杰, 申飞, 钱志伟, 蒋小锋, 张冠群

(河南农业职业学院食品工程学院, 河南郑州 4514501)

摘要:以藜麦粉、燕麦粉和高筋粉为主要原料, 制备出一种新型复合杂粮面包。通过单因素和正交试验, 研究杂粮粉、酵母、木糖醇、黄油添加量对面包感官、比容的影响, 确定了藜麦燕麦复合面包的最佳工艺配方: 藜麦粉与燕麦粉比例为 1:2, 酵母添加量 3.0%、木糖醇添加量 11%、黄油添加量 8%。并以小麦面包为对比, 分析了杂粮面包的抗氧化性、体外消化率、预血糖指数等功能特性。结果表明: 复合杂粮面包的抗氧化能力为 0.054 mmol/g (以 FeSO_4 计), 远高于对比面包的 0.0048 mmol/g; 复合杂粮面包水解的淀粉量在 90 min 后趋于稳定, 而对比面包虽然淀粉水解率在 30 min 后增速放缓, 但一直呈上升趋势。杂粮面包的血糖生成指数被测定为 57.42, 属于中等血糖生成指数食品。对杂粮面包的营养特性分析后发现, 除淀粉含量低于小麦面包, 蛋白质、脂肪、总纤维含量都高于小麦面包, 营养价值较高。对于小麦面包而言, 面包中添加藜麦和燕麦能够起到膳食补充抗氧化剂和延缓淀粉在体内消化的效果, 这为杂粮在面包中的应用提供了技术支撑。

关键词: 藜麦粉; 燕麦粉; 复合杂粮面包; 营养特性; 品质评价

文章编号: 1673-9078(2020)12-204-212

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2020.12.0588

Analysis on Improving Bread Quality and Nutritional Characteristics by Adding Coarse Grain Powder

JIA Yan-jie, SHEN Fei, QIAN Zhi-wei, JIANG Xiao-feng, ZHANG Guan-qun

(Department of Food Engineering, Henan Vocational College of Agriculture, Zhengzhou 451450, China)

Abstract: Using quinoa flour, oat flour and high-gluten flour as the main raw materials, a new type of multigrain bread was prepared. Through single factor and orthogonal experiments, the effects of the amount of multigrain flour, yeast, xylitol, and butter on the sensory and specific volume of bread were studied, and the best process formula of quinoa-oat compound bread was determined: the ratio of quinoa flour to oat flour was 1:2, yeast addition 3.0%, xylitol addition 11%, butter addition 8%. Taking wheat bread as a comparison, the functional characteristics of multigrain bread such as anti-oxidation, in vitro digestibility, and pre-glycemic index were analyzed. The results showed that the antioxidant capacity of the multigrain bread was 0.054 mmol/g (calculated as FeSO_4), which was much higher than 0.0048 mmol/g of the control bread; the amount of starch hydrolyzed in the multigrain bread tended to be stable after 90 min. Though the starch hydrolysis rate decreased after 30 minutes, it was always on the rise. The glycemic index of multigrain bread is determined to be 57.42, which is a medium glycemic index food. The results showed that the contents of protein, fat and total fiber were higher than those of wheat bread, and the nutritional value was higher. For ordinary bread, adding quinoa and oats to the bread can serve as a dietary supplement for antioxidants and delay the digestion of starch in the body. This provides technical support for the application of multigrain in bread.

Key words: quinoa flour; oatmeal; compound grain bread; nutritional characteristics; quality evaluation

引文格式:

贾彦杰, 申飞, 钱志伟, 等. 添加杂粮粉改善面包品质及营养特性分析[J]. 现代食品科技, 2020, 36(12): 204-212

JIA Yan-jie, SHEN Fei, QIAN Zhi-wei, et al. Analysis on improving bread quality and nutritional characteristics by adding coarse grain powder [J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(12): 204-212

收稿日期: 2020-06-26

基金项目: 河南农业职业学院科研创新团队项目 (HNACKT-2019-02; HNACKT-2020-05); 河南省高等教育教学改革研究与实践项目 (2019SJGLX703)

作者简介: 贾彦杰 (1985-), 男, 讲师, 研究方向: 食品加工技术

通讯作者: 钱志伟 (1969-), 男, 教授, 研究方向: 食品质量与安全

随着社会的进步和发展, 现代人的生活节奏越来越快, 很多消费者已将面包作为早餐主食。白面包一般以小麦粉为主要原料, 但小麦粉的消费存在潜在的营养和健康问题。例如, 在小麦加工过程中, 由于过用精制小麦制作而成的主食食品则可能导致一些非传染性慢性疾病的高发, 如糖尿病、心血管疾病、肥胖、

高血压等^[1],此等状况目前已成为全球公共卫生问题。此外精制小麦粉中还缺乏维生素、矿物质、赖氨酸(谷物的限制性氨基酸)和膳食纤维等^[2]。因此,如何提高面包的营养价值和功能特性,已成为面包加工行业新的挑战和发展趋势。

藜麦,为苋科藜属一年生作物,原产于南美洲安第斯山区,在我国的种植面积已有 9000 hm²,成为许多贫困地区的扶贫种植作物,其富含小麦中缺乏的组氨酸、赖氨酸等氨基酸。同时,藜麦富含不饱和脂肪酸(亚油酸和亚麻酸)、维生素(叶酸和生育酚)、矿物质(铁、铜、锰和钾)、膳食纤维^[3],还含有多酚、类黄酮和类胡萝卜素等功能性成分,具有抗氧化和增强免疫等生理功效^[4,5]。人体若长期摄入藜麦可以提高耐力,兼有预防和辅助治疗糖尿病、肥胖、癌症等病症的作用^[6,7],对人体健康有益。燕麦富含调节血糖平衡的可溶性膳食纤维,具有延缓胃排空、减慢糖吸收和血糖升高等特点,适合于糖尿病人群食用^[8,9]。另外,燕麦作为“保健粗粮”,还具有降血脂、抗氧化、调节肠道菌群、减肥、美容等功效^[10]。若藜麦、燕麦和小麦混配,则可形成膳食互补,提高面包的营养价值和功能效用。木糖醇是糖醇中最甜的一种,人体摄入后产生的热量较低,在代谢过程不需要胰岛素的参与,还可以促进胰脏分泌胰岛素,因此,在功能食品开发中常被用作甜味剂^[11]。

近年来,越来越多的研究将杂粮粉添加到小麦粉中,开发具有营养与保健功能的产品。林月萍等^[12]将荞麦与小麦粉混配后制成面条,结果显示其对控制血糖水平、缓释餐后血糖功能有积极作用。彭芸^[13]等将苦荞粉混配小麦粉制成馒头,并对馒头的感官性状、揉混特性和面团的微观结构进行研究,结果显示苦荞粉添加量为 15%时,馒头的品质良好。据调查,很多学者在研究中仅对杂粮制品的加工品质进行分析,将藜麦粉、燕麦粉和小麦粉三者混配,制成的面包其抗氧化性、体外消化率、血糖指数、感官品质等功能特性的系统研究未见报道。本研究选取藜麦粉、燕麦粉和小麦粉进行混配,以木糖醇为甜味剂,通过单因素和优化实验,得到杂粮面包的最佳配方,并对杂粮面包的抗氧化能力、体外模拟淀粉消化率、血糖生成指数及感官评价进行分析,以期对开发具有营养健康价值的复合杂粮面包提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

藜麦粉,西安维特生物科技有限责任公司;燕麦

粉,三元天域生物制品有限公司;小麦粉(高筋粉),山东鲁春米粉有限公司;木糖醇,北京凯森莱科技有限公司;没食子酸,南通飞宇生物科技有限公司;Folin-Ciocalteu 试剂、胃蛋白酶、 α -淀粉酶,美国 Sigma 公司;3,5-二硝基水杨酸、甲醇等均为分析纯。

1.2 仪器与设备

SM705EE 电热风炉、DC-36S 冻藏醒发箱、SM-25 面团搅拌机,新麦机械(无锡)有限公司;YP502 电子天平,上海柯祁仪器设备有限公司;UV-2350 紫外可见分光光度计,北京同德创业科技有限公司;漩涡混合器 VORTEX-5,华威科创科技有限公司;TS-110X30 数显水浴恒温振荡器,常州金坛精达仪器制造有限公司。

1.3 复合杂粮面包制作流程

调粉→和面→加入辅料→和面→发酵→切块→整形→装盘→醒发→烘烤→冷却→成品

1.4 面包制作操作要点及预处理

将杂粮粉、小麦粉过筛后进行称量,然后与木糖醇、水混匀后放入搅拌机搅拌至无干粉状态;将黄油、鸡蛋等加入面团中,混匀后搅拌至出筋状态;发酵温度为 27℃,相对湿度 75%,发酵 2.5 h;将面团放入醒发箱进行发酵,发酵温度 27℃,相对湿度 75%,发酵 2.5~3 h;将面团切成重量一致的小面团,搓圆、整形后装盘;醒发温度为 37℃,湿度 75%,时间 55 min,醒发至原面团体积的 2 至 2.5 倍;风炉烘烤温度为 190℃,时间 30 min,蒸汽 6 s。待面包冷却至室温后,对其感官和比容进行测定。

1.5 试验设计

1.5.1 单因素试验设计

按照复合杂粮面包制作的工艺流程和操作要点,以高筋粉总质量为基重,分别分析杂粮粉不同配比、酵母、木糖醇、黄油添加量对面包感官和比容的影响。以高筋粉质量为基重,杂粮粉添加量为总质量的 12%,藜麦粉:燕麦粉比例(W/W)分别为 1:1、1:2、1:3、1:4、2:1、3:1,考察不同配比的杂粮粉对面包品质的影响;设置酵母添加量分别为 1.5%、2%、2.5%、3.0%、3.5%、4.0%,考察酵母添加量对面包品质的影响;设置木糖醇的添加量为 5%、8%、11%、14%、17%、20%,考察木糖醇添加量对面包品质的影响;设置黄油添加量为 4%、6%、8%、10%、12%、14%,考察黄油添加量对面包品质的影响。

1.5.2 复合杂粮面包配方优化

表1 正交试验优化

Table 1 Orthogonal test optimization				
水平	因素			
	藜麦粉: 燕麦粉	酵母 添加量/%	木糖醇 添加量/%	黄油 添加量/%
1	1:1	2.5	8	8
2	1:2	3.0	11	10
3	1:3	3.5	14	12

在单因素试验结果的基础上,选取较优的试验结果进行 $L_9(3^4)$ 正交试验,以面包感官和比容为指标,确定复合杂粮面包的最佳配方。试验设计见表1。

表2 复合杂粮面包的感官评价规则

Table 2 Sensory evaluation rules of compound grain bread				
指标	分值	优	良	差
表面结构	10	外观饱满,不变形,不塌陷,纹路清晰(8~10)	稍有变形,塌陷不明显,纹路一般(5~7)	变形严重,塌陷明显,纹路不清晰(小于5)
内部结构	10	组织细腻,气孔小而均匀(8~10)	组织状态一般,气孔分布均匀,有大孔洞(5~7)	组织粗糙,孔洞不均匀,大孔洞多(小于5)
弹性	10	柔软,有弹性,按下能够快速恢复原状(8~10)	比较柔软,有一定弹性,按压后基本能恢复原状(5~7)	手感粗糙,弹性不佳,按下不能恢复原状(小于5)
咀嚼性	15	松软适口,不粘牙(10~15)	口感稍粗糙(5~9)	口感粗糙(小于5)
色泽	10	色泽均匀,微黄,稍带棕色(8~10)	色泽稍不均匀,棕色明显(5~7)	色泽不均一,无黄色,棕色太明显(小于5)
滋味	20	甜味适口,有正常面包和杂粮的滋味,无酸味(14~20)	甜味基本适口,有较淡杂粮滋味,无明显异味(7~13)	甜味不适口,杂粮味寡淡,有较重的酸味,有异味(小于6)
气味	10	有面包香味和杂粮气味,无其他异味(8~10)	面包香味和杂粮气味较淡,无明显异味(5~7)	无面包香味和杂粮气味,有异味(小于5)
接受度	15	易接受(10~15)	基本接受(5~9)	不被接受(小于5)

1.7 复合杂粮面包功能特性分析

1.7.1 提取物的制备

称取5.0 g面包浸没于50 mL 80%的甲醇溶液中,用破碎机破碎。然后将其超声提取15 min,转移至离心管中。原样品再加入50 mL 80%的甲醇溶液中,重复1次,合并提取液至离心管。然后2500 r/min离心10 min,取上清液于45℃水浴下旋转蒸发至恒重,用甲醇溶解并定容至10 mL,于-20℃保存。

1.7.2 总酚含量的测定

采用Folin-Ciocalteu法测定总酚含量^[15]。量取待测样品溶液1 mL于具塞试管中,加入1 mL福林酚试剂,3 mL 7.5%碳酸钠溶液和5 mL蒸馏水,然后漩涡混匀后避光条件下放置30 min,于波长720 nm处测定其吸光度。实验结果以没食子酸当量/g样品表示。

1.6 复合杂粮面包的品质分析

比容的测定^[14],按照式(1)进行计算。

$$\text{比容}(\text{mL/g}) = \frac{\text{面包体积}(\text{mL})}{\text{面包质量}(\text{g})} \quad (1)$$

感官评价人员为15名经培训后的食品专业学生,在进行感官评价时,要求评价人员在两个样品之间用水清洗口腔,两个样品评价间隔时间不少于2 min,以尽量减少上个样品的影响。采用百分制的评分标准,评估面包的表面结构、色泽、内部结构、弹性、咀嚼性、滋味、气味和接受度。

感官评价规则见表2所示。

1.7.3 总抗氧化能力测定

采用FRAP方法进行测定^[16]。将0.2 mL样品提取液加入至10 mL具塞比色管中,然后将0.6 mL水和6 mL经过预热至37℃的FRAP工作液加入,混合均匀后放置5 min,于593 nm处测定其吸光度,最终样品的总抗氧化能力以FeSO₄ (mmol/g)表示。

1.7.4 体外模拟淀粉消化率分析^[17,18]

称取5 g面包浸没于50 mL蒸馏水中并均质,取50 mg面包的样品混合液于三角瓶中,加入pH 1.5的HCl-KCl缓冲液和胃蛋白酶溶液(0.1 g/mL),置于40℃水浴锅中振荡1 h。加入0.5 mol/L的乙酸钠缓冲液(pH 6.9)至25 mL,再加入5 mL α-淀粉酶(2.6 IU)并于37℃水浴振荡。在0、30、60、90、120、180 min处分别取1 mL消化液,于100℃水浴5 min灭酶。

1.7.5 血糖生成指数的计算

$$\text{淀粉水解率} / \% = \frac{\text{取样时间点消化液中葡萄糖当量} \times 0.9}{\text{总淀粉含量}} \times 100\% \quad (2)$$

以葡萄糖为标准品, 采用 3,5-二硝基水杨酸法测定消化液中还原糖含量。再将葡萄糖含量换算成淀粉含量并按式 (2) 计算淀粉的水解率。

以淀粉水解率 (%) 为纵坐标, 时间 (min) 为横坐标绘制淀粉水解曲线。计算杂粮面包和小麦面包在 0~180 min 期间淀粉水解曲线下的面积 (AUC 杂粮和 AUC 小麦), 得出样品淀粉水解指数 (hydrolysis index, HI), 按式 (3) 计算。样品的血糖生成指数 (EGI) 按照式 (4) 计算。将小麦面包的 EGI 值定义为 100, EGI>75 为高血糖食物, EGI 在 55~75 之间为中血糖食物, 小于 55 则为低血糖食物^[19]。

$$HI = \frac{AUC_{\text{杂粮}}}{AUC_{\text{小麦}}} \quad (3)$$

$$EGI = 39.71 + 0.549HI \quad (4)$$

1.8 面包营养成分分析

蛋白质的测定: 依据 GB 5009.5-2016。

淀粉的测定: 依据 GB 5009.9-2016。

脂肪的测定: 依据 GB 5009.6-2016。

总纤维的测定: 依据 GB 5009.88-2014。

灰分的测定: 依据 GB 5009.4-2016。

1.9 数据处理

数据利用 SPSS 19.0 软件进行分析处理, Excel 进行数据整理及作图分析, 每个实验平行测定 3 次。

2 结果与分析

2.1 单因素实验结果

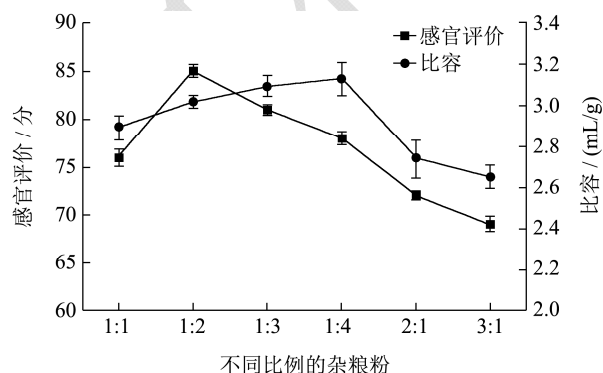


图1 不同比例的杂粮粉对面包品质的影响

Fig.1 Effect of different proportion of coarse grain flour on bread quality

由图 1 可知, 当藜麦粉与燕麦粉比例为 1:2 时, 感官分值达到最高。这是因为藜麦粉含量低时, 藜麦

风味不明显, 评分较低。当藜麦粉添加过多时, 又因藜麦中皂苷的苦味导致感官评分较低^[20]。比容随着燕麦比例的增加稍有增大, 这是因为藜麦中的醇溶蛋白比燕麦中的含量更低^[21,22], 而醇溶蛋白含量与面筋的网络结构的强弱成正相关。综合考虑, 选用藜麦粉与燕麦粉比例为 1:2。

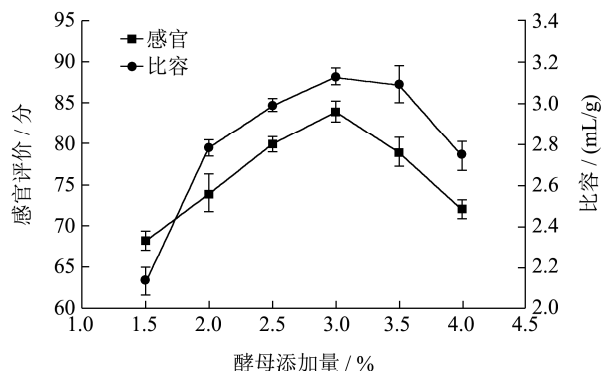


图2 不同酵母添加量对面包品质的影响

Fig.2 Effect of different yeast addition on bread quality

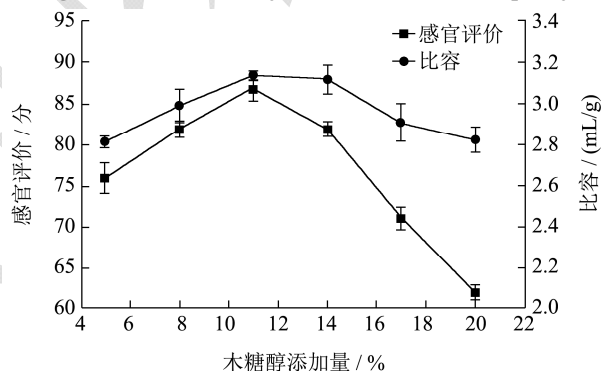


图3 木糖醇添加量对面包品质的影响

Fig.3 Effect of xylitol content on bread quality

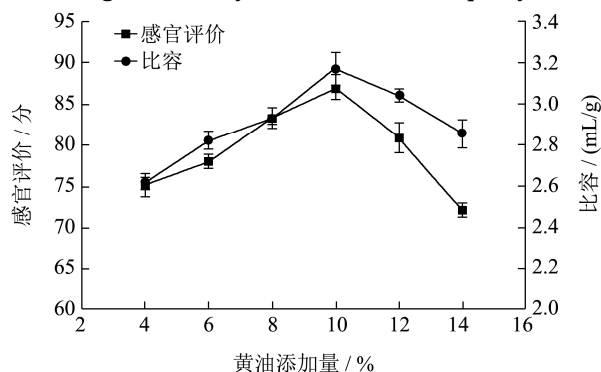


图4 黄油添加量对面包品质的影响

Fig.4 Effect of butter content on bread quality

由图 2 可知, 酵母添加量在 3% 时, 感官评分和比容达到最大。这是因为酵母可以使面团中的糖类发酵, 产生大量的二氧化碳, 而面团中形成的面筋网络可以保留住二氧化碳, 最终使面包蓬松、多孔^[23]。随

着酵母添加量的增加,酵母发酵速度加快,产气量急剧增加,面包体积增大,导致比容增大。同时,面包内部结构细腻柔软、疏松多孔有弹性,且具有浓郁的发酵风味,感官评价较佳。当酵母用量过大时,使面团的产气量过快,与面筋网络的形成过程不能同步,导致面团成熟过度,表面塌陷,比容降低,而且会导致面包酵母味过重,口味不纯正,酸味较重,降低面包的口感,导致感官评价降低。故选用酵母添加量为3%。

由图3可知,当木糖醇添加量为11%时,感官评分和比容为最高值。当蔗糖添加量较少时,酵母没有可充分利用的糖分,导致面团发酵延迟,产生的二氧化碳较少,不能形成良好的网状结构,且甜味较淡^[24]。当蔗糖含量较高时,会抑制酵母的发酵,最终面包内部结构粗糙,颜色发暗,口感较腻^[25]。故选用木糖醇

添加量为11%。

由图4可知,当黄油添加量为10%时,面包的感官和比容值达到最大。但当黄油添加量达到12%及以上时,面包的感官评价和比容降低。原因是黄油除了能够赋予食物丰富的能量,还能对面包起到膨松的效果。利用黄油的乳化性质,可以锁住面团中的水份,改变面团的湿黏性,延缓淀粉老化和面包硬化的过程,使面团的延展性有所增强从而增强面包的蓬松度。过量使用会产生副作用,如影响酵母的渗透压,使发酵进程受阻,影响面团的面筋形成,最终对面包的感官和比容影响较大^[26]。故选用黄油添加量为10%。

2.2 复合杂粮面包配方优化结果

复合杂粮面包正交试验分组和感官评价、比容测定结果如表3所示。

表3 复合杂粮面包优化实验结果

Table 3 Experimental results of bread optimization for compound grains

试验号	A	B	C	D	感官评分	比容
1	1 (1:1)	1 (2.5)	1 (8)	1 (8)	77.92	2.37
2	1	2 (3.0)	2 (11)	2 (10)	83.36	3.22
3	1	3 (3.5)	3 (14)	3 (12)	76.91	2.83
4	2 (1:2)	1	2	3	80.84	2.68
5	2	2	3	1	82.86	2.82
6	2	3	1	2	78.44	3.11
7	3 (1:3)	1	3	2	76.48	2.22
8	3	2	1	3	74.82	2.49
9	3	3	2	1	77.94	2.67
k ₁ 感官	238.19	235.24	231.18	238.72		
k ₂ 感官	242.14	241.04	242.14	238.28		
k ₃ 感官	229.24	233.29	236.25	232.57		
R	4.30	2.58	3.65	2.05		
k ₁ 比容	8.42	7.27	7.97	7.86		
k ₂ 比容	8.61	8.53	8.57	8.55		
k ₃ 比容	7.38	8.61	7.87	8.00		
R	0.41	0.45	0.23	0.23		

由表3可知,以感官评价为考察指标的结果为:杂粮粉(A)>木糖醇添加量(C)>酵母添加量(B)>黄油添加量(D)。以比容为考察指标的结果为:酵母添加量(B)>杂粮粉添加量(A)>木糖醇添加量(C)=黄油添加量(D)。由于复合杂粮面包主要以食用为主,感官评价较比容更为重要,虽然比容会影响到面包的感官评价,但在感官评价时,评价指标受很多因素影响,如表面结构、内部结构、色泽、滋味等。因此,综合考虑,复合杂粮面包优化试验的结果为A₂C₂B₂D₁,即藜麦粉:燕麦粉比例为1:2,酵母、木糖醇、黄油添加量分别

为3.0%、11%、8%。根据复合杂粮面包优化试验的结果,在对面包进行总酚、抗氧化能力、体外模拟淀粉消化率、血糖生成指数、感官评价进行分析时,以优化结果制得的面包为研究对象。

2.3 复合杂粮面包的总酚含量、总抗氧化能力、水解指数和血糖指数分析

由表4可知,杂粮面包中的总酚含量为小麦面包的1.52倍,而抗氧化能力为小麦面包的11.25倍。有

研究指出^[27,28]食品的抗氧化能力与所含的总酚含量密切相关。杂粮面包抗氧化能力与酚类物质含量为正相关关系。杂粮面包酚类物质升高的原因主要是由于热处理过程会释放原本不溶的共轭酚,从而增强抗氧化活性,而且杂粮粉在热处理过程中加快了酚类物质的生成。而由自由基引起的退行性疾病比较多,如癌症、糖尿病、心血管疾病、衰老等。实验结果说明面包中添加藜麦粉和燕麦粉可大量补充人体酚类物质的摄入,提高对人体自由基的清除能力,对保护人体健康非常有益。

表4 小麦面包、杂粮面包总酚含量、总抗氧化能力、水解指数和血糖指数分析

Table 4 Analysis of total phenol content, total antioxidant capacity, hydrolysis index and blood glucose index of wheat bread and coarse grain bread

样品	总酚以TPC计/(mg/g)	总抗氧化能力以FeSO ₄ 含量计/(mmol/g)	HI90	EGI
小麦面包	0.61±0.08 ^a	0.0048±0.02 ^a	100.00 ^a	100.00 ^a
杂粮面包	0.93±0.03 ^b	0.054±0.05 ^b	32.26 ^a	57.42 ^b

注:数值以平均值±SD表示,不同小写字母表示差异显著($p<0.05$),下同。

血糖生成指数EGI值是一个描述食物餐后血糖变化的重要指标。由表4可知,复合杂粮面包的EGI为57.42,为中等血糖生成指数食品($55<GI<70$)。杂粮面包EGI较低的原因是藜麦和燕麦中含有大量的膳食纤维、木聚糖等难被人体吸收的物质,人体进餐后,由于自身缺少可以分解这些物质的酶存在,其进入人体后不能被有效的分解成小分子糖,维持人体正常的新陈代谢作用,继而不能引起人体血糖升高。另外,研究以木糖醇为甜味剂,人体摄入后产生的热量较低,在代谢过程不需要胰岛素的参与,这也是导致杂粮面包EGI较低的原因。结果表明,面包中添加适量的藜麦粉和燕麦粉,并添加适量的木糖醇,可以有效的控制面包的血糖指数,可以作为II型糖尿病患者的代餐食品食用。

2.4 体外模拟淀粉消化率和血糖生成指数测定

由图5可知,在消化过程的前30 min,小麦面包和杂粮面包消化率上升较快,但30 min后两者的变化规律较相似,增速放缓。影响淀粉体外消化率的因素有很多,最主要的是因为淀粉颗粒在糊化的过程中晶体结构被破坏,更容易被水解成葡萄糖,因此,小麦

产品经人体摄入后血糖升高较快,但因为藜麦和燕麦中膳食纤维含量较高,由其组成短暂性的网状结构,可大大降低消化酶的敏感性,淀粉消化率在一段时间后增速放缓,这与延莎^[29]等人的研究结果较一致。因此,杂粮面包的消化速率比小麦面包的消化速率低,有助于延缓淀粉水解率。

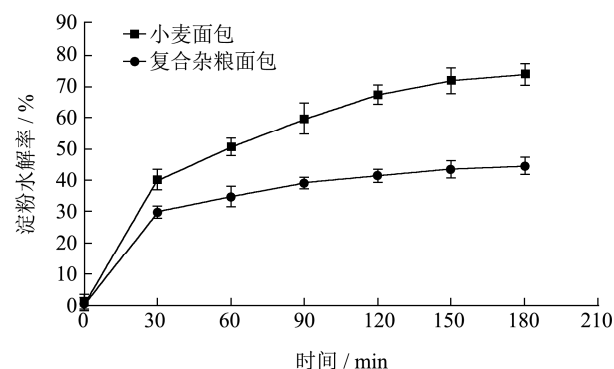


图5 小麦面包和杂粮面包淀粉水解率

Fig.5 Starch hydrolysis rate of wheat bread and mixed grain bread

2.5 复合杂粮面包营养特性分析

据报道^[30,31],藜麦中的蛋白质、淀粉、脂肪、总纤维分别为12.83%、59.32%、5.11%、4.89%,燕麦中的蛋白质、淀粉、脂肪、总纤维分别为15.43%、60.67%、7.35%、1.45%。由表5可知,杂粮面包的蛋白质含量高于小麦面包,主要是因为藜麦和燕麦种子中蛋白质含量要远高于小麦,经烘烤制成杂粮面包后蛋白质含量仍高于小麦面包,蛋白质含量涨幅不大的原因主要是因为杂粮面包中所用的面粉主要为小麦粉。杂粮面包中的淀粉含量远远低于小麦面包($p<0.05$),这主要是因为小麦粉中淀粉含量较高,约占73%,而藜麦粉和燕麦粉中的淀粉含量约为60%,当杂粮粉替代部分小麦粉时,则最终产品中的淀粉含量大大降低。用杂粮粉替代部分小麦粉时,杂粮面包的脂肪含量相比小麦面包增加了48%,主要是燕麦中脂肪含量要远远高于小麦,且其脂肪及不饱和脂肪酸含量均居谷物之首,脂肪含量的提高一方面可以增加制品的风味,改善制品的结构、外形和色泽。膳食纤维对人体身体健康有许多益处,如增强结肠功能、预防结肠癌、减少人体对脂肪的吸收、降血压等,但由表5可知,两种面包的总纤维含量相差不大,主要是因为燕麦中的总纤维含量较少,导致最终产品的总纤维含量较低。杂粮面包中灰分含量高于小麦面包,因为小麦加工过程中过分追求精度,因此损失了大量的麸皮,而杂粮粉因为加工程度不高,保留了部分麸皮,故灰分含量较高。

表 5 面包营养特性分析/%

Table 5 Analysis of bread nutritional characteristics /%

面包种类	蛋白质	淀粉	脂肪	总纤维	灰分
小麦面包	11.88±0.07 ^a	72.32±0.13 ^a	1.21±0.03 ^b	2.42±0.04 ^a	0.57±0.02 ^a
杂粮面包	12.01±0.06 ^b	68.51±0.22 ^b	1.80±0.02 ^a	2.87±0.01 ^b	0.73±0.03 ^b

2.6 复合杂粮面包感官评价分析

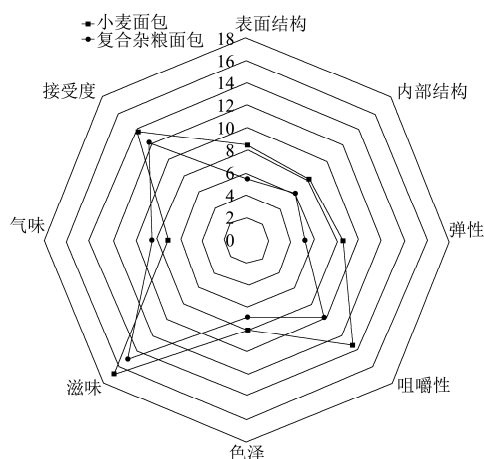


图 6 小麦面包和杂粮面包感官分析

Fig.6 Sensory analysis of wheat bread and grain bread

根据 1.6 中的感官评价规则对复合杂粮面包进行评价。添加藜麦粉和燕麦粉对面包的表面结构和内部结构的感官评分不如小麦面包，主要是因为面包中添加杂粮粉，抗性淀粉含量有所增加，从而增加了制作面团的难度，并且影响了馒头的体积，使馒头纹理变粗，导致其外部和内部结构不均匀，影响感官评分。对于杂粮面包的弹性和咀嚼性，感官评分比小麦面包低的原因是杂粮粉中醇溶蛋白和谷蛋白的比例相差较大，面团形不成良好的面筋结构，影响最终面包的感官评价。杂粮面包的色泽、风味、接受度与小麦面包相差不大，因为杂粮粉经烘烤制得的面包有谷香味，同时还可能是因为随着国人对杂粮的偏爱程度加大，特别是肥胖和高血糖患者，认为多数黑色的粮食产品对健康更加有益，所以馒头色泽和接受度的感官评分降低较少。总之，杂粮面包的总体感官评价结果在可接受范围内，以上述配方制得的杂粮面包具有较大的商业和营养价值。

3 结论

本实验采用传统面包制作工艺，以藜麦粉和燕麦粉替代部分高筋粉，通过调整藜麦粉和燕麦粉比例、酵母添加量、黄油添加量、木糖醇添加量，得到杂粮面包的最佳工艺配方。以小麦面包为对比，比较了杂粮面包和小麦面包的总酚和抗氧化能力，得出杂粮面包总酚含量为小麦面包的 1.52 倍，抗氧化能力为小麦

面包的 11.25 倍，可知杂粮面包的抗氧化优于小麦面包。通过对面包的体外消化率测试得出，杂粮面包的体外消化率要低于小麦面包，同时，测得杂粮面包的 EGI 为 57.42，远低于小麦面包的 EGI 值。EGI 降低的原因可能是因为藜麦和燕麦中含有大量的膳食纤维，还由于用木糖醇替代蔗糖作为甜味剂，也对于降低 EGI 也有一定的积极作用，总之，复合杂粮面包在控制血糖水平方面要优于小麦面包。对小麦面包和杂粮面包感官分析后发现，除了在表面结构、内部结构、弹性和咀嚼性指标方面杂粮面包低于小麦面包外，对于风味、色泽和接受度方面，杂粮面包的感官分值在可接受范围内，这可能是因为消费者对于杂粮的接受程度在日益上升所致。因此，研究以功能成分强化后的面包，对于以糖尿病、心血管疾病等慢性疾病不断上升的消费者来说，具有十分重要和深远的意义。

参考文献

- [1] 李真,董英,於来婷,等.大麦全粉对面团特性及面包烘烤品质的影响[J].现代食品科技,2015,31(4):197-202
LI Zhen, DONG Ying, YU Lai-ting, et al. Effect of whole barley flour addition on dough properties and quality of bread [J]. Modern Food Science and Technology, 2015, 31(4): 197-202
- [2] 姚铁俊,李枝芳,王立峰,等.体外模拟消化对四种杂粮中酚类物质及其降脂活性的影响[J].中国粮油学报,2020,35(5): 30-36
YAO Yi-jun, LI Zhi-fang, WANG Li-feng, et al. Effect of in vitro digestion on phenolic compounds and lipid-lowering effect of four coarse cereals [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2020, 35(5): 30-36
- [3] Świeca M, Sęczyk Ł, Gawlik-Dziki U, et al. Bread enriched with quinoa leaves-the influence of protein-phenolics interactions on the nutritional and antioxidant quality [J]. Food Chemistry, 2014, 162(3): 54-62
- [4] 赵雷,李晓娜,史龙龙,等.藜麦麸皮营养成分测定及其油脂的抗氧化活性研究[J].现代食品科技, 2019,35(11):199-205
ZHAO Lei, LI Xiao-na, SHI Long-long, et al. Determination of the nutritional components in quinoa bran and the antioxidant activity of its derived oils [J]. Modern Food Science and Technology, 2019, 35(11): 199-205

- [5] Filho A M, Pirozi M R, Borges J T, et al. Quinoa: Nutritional, functional, and antinutritional aspects [J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2017, 57(8): 1618-1630
- [6] Tang Y, Tsao R. Phytochemicals in quinoa and amaranth grains and their antioxidant, anti-inflammatory, and potential health beneficial effects: A review [J]. Mol Nutr Food Res, 2017, 61(7): 1-16
- [7] Ayyash M, Johnson S K, Liu S Q, et al. Cytotoxicity, antihypertensive, antidiabetic and antioxidant activities of solid state fermented lupin, quinoa and wheat by *Bifidobacterium* species: *In-vitro* investigations [J]. Lwt-Food Science and Technology, 2018, 95: 295-302
- [8] 黄远英,汪玉芳.燕麦 β -葡聚糖辅助降血糖功能的研究[J].食品安全质量检测学报,2019,10(2):369-373
HUANG Yuan-ying, WANG Yu-fang. Study on the hypoglycemic function of oat β -glucan [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2019, 10(2): 369-373
- [9] 史晓萌,陈建国,梁寒峭,等.燕麦发酵前后营养成分及风味物质分析[J].食品科技,2018,43 (5):169-174
SHI Xiao-meng, CHEN Jian-guo, LIANG Han-xiao, et al. Analysis of nutrients and flavor substances of oats before and after fermentation [J]. Food Science and Technology, 2018, 43 (5): 169-174
- [10] 刘先隆,刘磊,赖婷,等.高营养全谷物燕麦浓浆的复合酶解工艺优化[J].现代食品科技,2018,34(7):196-204
LIU Xian-long, LIU Lei, LAI Ting, et al. Optimization of complex enzymolysis technology of high nutrition whole grain oat thick pulp [J]. Modern Food Science and Technology, 2018, 34(7): 196-204
- [11] 李颖,崔少宁,李国强,等.小米木糖醇饼干的研制[J].粮食与油脂,2016,29(7):46-49
LI Ying, CUI Shao-ning, LI Guo-qiang, et al. Development of millet xylitol biscuit [J]. Cereals & Oils, 2016, 29(7): 46-49
- [12] 林月萍,汪少芸,饶平凡.具有控制餐后血糖功能的能量缓释荞麦面条的研制[J].中国食品学报,2014 (4) :21-28
LIN Yue-ping, WANG Shao-yun, RAO Ping-fan. Development of sustained release buckwheat noodles with the function of controlling postprandial blood glucose [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2014 (4): 21-28
- [13] 彭芸,陈洁,吕莹果,等.苦荞粉添加量对面团性质及馒头品质的影响[J].粮油食品科技,2015(1):47-50
PENG Yun, CHEN Jie, LYU Ying-guo, et al. Effect of tartary buckwheat on dough properties and steamed bread quality [J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2015 (1): 47-50
- [14] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局中国国家标准化管理委员会.面包:GB/T 20981-2007[S]
State Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Breda: GB/T 20981-2007 [S]
- [15] Andrzej C, Scibisz Iwona, Marta M, et al. Profile of the phenolic compounds of *Rosa rugosa* petals [J]. Journal of Food Quality, 2017, (2): 1-10
- [16] 李云龙,李红梅,胡俊君,等.抗氧化苦荞酒加工工艺的研究[J].酿酒科技,2014,12:5-7
LI Yun-long, LI Hong-mei, HU Jun-jun, et al. Study on the processing technology of antioxidant tartary buckwheat wine [J]. Liquor-Making Science & Technology, 2014, 12: 5-7
- [17] 庄海宁,高林林,冯涛,等.猴头菇/香菇 β -葡聚糖对面包品质和淀粉消化性的影响[J].食品工业科技,2017,38(4):152-157
ZHUANG Hai-ning, GAO Lin-lin, FENG Tao, et al. The influence of β -glucan from *Hericium erinaceus* and *Lentinus edodes* on the qualities and *in vitro* starch digestibility of white bread [J]. Science and Technology of Food Industry, 2017, 38(4): 152-157
- [18] 马雨洁,王敏,刘航,等.熟制荞麦面条抗氧化品质及体外淀粉消化特性研究[J].食品科学,2013,34(17):65-69
MA Yu-jie, WANG Min, LIU Hang, et al. Antioxidant quality and starch digestibility of cooked buckwheat noodles *in vitro* [J]. Food Science, 2013, 34(17): 65-69
- [19] Mackie A. Roles for dietary fibre in the upper GI tract: The importance of viscosity [J]. Food Research International, 2016, 88: 234-238
- [20] 李慧,马薇,张美莉.玉米藜麦饼干配方的优化[J].食品工业,2018,39(9):122-126
LI Hui, MA Wei, ZHANG Mei-li. Optimization of the formula of corn quinoa biscuit [J]. The Food Industry, 2018, 39(9): 122-126
- [21] Nowak V, Du J, Charrondiere U R. Assessment of the nutritional composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) [J]. Food Chemistry, 2016, 193(15): 47-54
- [22] 杨芳,杨虹雨,周宇,等.食品添加剂对燕麦橘络面包品质的影响[J].四川旅游学院学报,2019,(1)29-33
YANG Fang, YANG Hong-yu, ZHOU Yu, et al. Studies on the effects of different food additives on oatmeal tangerine pith bread quality [J]. Journal of Sichuan Tourism University, 2019, (1): 29-33
- [23] 钟雅云,吴磊燕,周锦枫,等.藜麦粉对冷冻面团特性及其面

- 包品质的影响[J].现代食品科技,2019,35(12):112-121
- ZHONG Ya-yun, WU Lei-yan, ZHOU Jin-feng, et al. Effect of quinoa on the behavior and bread quality of frozen dough [J]. Modern Food Science and Technology, 2019, 35(12): 112-121
- [24] 邬海雄,吕萍,吴凤凤,等.新科斯糖发酵面包品质的研究[J].食品工业,2016,37(6):162-165
- WU Hai-xiong, LU Ping, WU Feng-feng, et al. Study on the quality of fermentation bread added with neokestose [J]. The Food Industry, 2016, 37(6): 162-165
- [25] 张怀予,王军节,林勤,等.枸杞面包工艺优化及其品质分析[J].食品研究与开发,2017,38(18):87-92
- ZHANG Huai-yu, WANG Jun-jie, LIN Qin, et al. Optimization of processing technology and analysis of qualities on the Chinese wolfberry bread [J]. Food Research and Development, 2017, 38(18): 87-92
- [26] 张冬梅,何忠宝,刘淑英.添加谷朊粉的紫薯吐司面包配方优化及品质分析[J].食品科技,2019,44(4):172-177
- ZHANG Dong-mei, HE Zhong-bao, LIU Shu-ying. Formula optimization and quality analysis of purple potato toast bread with gluten [J]. Food Science and Technology, 2019, 44(4): 172-177
- [27] Huang L, Liu M, Huang H, et al. Recent advances and progress on melanin-like materials and their biomedical applications [J]. Biomacromolecules, 2018, 19(6): 1858-1868
- [28] Zhang X, Shi Y, Liu M, et al. Recent progress and development on polymeric nanomaterials for photothermal therapy: A brief overview [J]. Journal of Materials Chemistry B, 2016, 5(2): 194-206
- [29] 延莎,毛晓慧,杨莉榕,等.不同蒸煮方式对藜麦营养特性及风味的影响[J].中国粮油学报,2018,33(4):20-26
- YAN Sha, MAO Xiao-hui, YANG Li-rong, et al. Effects of different cooking methods on nutritional properties and flavor of quinoa [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2018, 33(4): 20-26
- [30] 胡一晨,赵钢,秦培友,等.藜麦活性成分研究进展[J].作物学报,2018,44(11):1579-1591
- HU Yi-chen, ZHAO Gang, QIN Pei-you, et al. Research progress on bioactive components of quinoa [J]. Acta Agronomica Sinica, 2018, 44(11): 1579-1591
- [31] 陈子叶,王丽娟,李再贵.燕麦营养成分与燕麦片加工品质相关性研究[J].粮油食品科技,2017,25(3):28-32
- CHEN Zi-ye, WANG Li-juan, LI Zai-gui. Relationship between the nutritional component of oat groats and the processing quality of oat flake [J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2017, 25(3): 28-32

(上接第12页)

- [9] 王庆庆.三种食用菌可溶性膳食纤维提取工艺优化及功能特性研究[D].长春:吉林农业大学,2016
- WANG Qing-qing. Study on extraction process optimization and functional characteristics of soluble dietary fiber from three edible fungi [D]. Changchun: Jilin Agricultural University, 2016
- [10] 焦俊,韩淑芬,张薇,等.谷物膳食纤维促进高脂/胆固醇喂养小鼠脂肪分解机制的研究[J].营养学报,2015,37(5):456-460
- JIAO Jun, HAN Shu-fen, ZHANG Wei, et al. Effects of cereal dietary fibers on lipolysis in mice fed a high-fat/cholesterol diet [J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2015, 37(5): 456-460
- [11] 熊霜.海藻膳食纤维复方辅助降血脂实验研究[D].泉州:华侨大学,2014
- XIONG Shuang. Experimental study on assistant hypolipidemia of seaweed dietary fiber compound [D]. Quanzhou: Huaqiao University, 2014
- [12] 熊霜,肖美添,叶静.复合型海藻膳食纤维功能食品的降血脂作用[J].食品科学,2014,35(17):220-225
- XIONG Shuang, XIAO Mei-tian, YE Jing. Hypolipidemic effect of functional foods containing dietary fiber from *Edible seaweeds* [J]. Food Science, 2014, 35(17): 220-225
- [13] 刘金枝,陆红佳,李本娇.甘薯纤维素粒度对高脂大鼠的降血脂作用[J].食品工业科技,2016,37(18):349-353
- LIU Jin-zhi, LU Hong-jia, LI Ben-jiao. The hypolipidemic effect of sweet potato cellulose particle size on high-fat rats [J]. Food Industry Technology, 2016, 37(18): 349-353
- [14] 程明明,黄苇.西番莲果皮中膳食纤维的降脂保肝及润肠通便功能[J].食品科学,2017,38(11):202-207
- CHENG Ming-ming, HUANG Wei. The function of dietary fiber in *Passiflora* peel to reduce lipid, protect liver, moisten intestines and relieve constipation [J]. Food Science, 2017, 38(11): 202-207