

全麦粉面包生产工艺优化

Study on production process optimization of bread containing whole wheat flour

陈艳红^{1,2,3}郑胜蓝^{1,2,3}李慧雪¹李利君^{1,2,3}倪辉^{1,2,3}CHEN Yan-hong^{1,2,3}ZHENG Sheng-lan^{1,2,3}LI Hui-xue¹LI Li-jun^{1,2,3}NI Hui^{1,2,3}

(1. 集美大学海洋食品与生物工程学院, 福建 厦门 361021; 2. 福建省食品微生物与酶工程

重点实验室, 福建 厦门 361021; 3. 厦门市食品生物工程研究中心, 福建 厦门 361021)

(1. College of Ocean Food and Biological Engineering, Jimei University, Xiamen, Fujian 361021, China;

2. Key Laboratory of Food Microbiology and Enzyme Engineering Technology of Fujian Province, Xiamen, Fujian 361021, China; 3. Research Center of Food Biotechnology of Xiamen City, Xiamen, Fujian 361021, China)

摘要:目的:改善因添加全麦粉而引起面包质地较硬、口感粗糙等问题。方法:以质构特性和感官评价为指标,研究速溶茶粉添加量、全麦粉添加量、烘焙时间与 β -葡萄糖苷酶添加量对全麦粉面包品质的影响。结果:添加量 $\leq 3\%$ 的速溶茶粉对全麦粉面包质构及口感无显著影响,添加量达 4% 时有负面影响;同时,全麦粉添加量、烘焙时间及 β -葡萄糖苷酶添加量对全麦面包产品质量具有重要影响。结论:当全麦粉面包的 β -葡萄糖苷酶添加量 0.12% 、速溶茶粉添加量 2% 、全麦粉添加量 25% 、焙烤时间 35 min 时面包硬度和咀嚼度较低,回复性好,感官评分高。

关键词:全麦粉;面包; β -葡萄糖苷酶;速溶茶粉;质构特性

Abstract: Objective: This study aimed to improve the hard texture and rough taste caused by the addition of whole wheat in the baking food. Methods: The effects of instant tea powder, whole wheat flour, baking time and β -glucoside on the quality of whole wheat flour bread were investigated with texture characteristics and sensory evaluation as indicators. Results: The results showed that there was no significant effect on the texture properties and sensory score of wheat flour bread when the volume of addition of instant tea powder was within 3% , and it was negative when the volume reached 4% . Meanwhile, whole wheat flour, baking time and β -glucoside also had significant influence on whole wheat flour. Conclusion: The optimized process of whole

wheat flour bread is as follows: β -glucoside 0.12% , instant tea powder 2% , whole wheat flour 25% , baking time 35 min . Under the control of these conditions, bread hardness and chewiness were lower, resilience was better, and sensory score was higher.

Keywords: whole wheat flour; bread; β -glucosidase; instant tea powder; texture characteristics

全麦面包是一种以全麦粉为原料,经发酵焙烤制成的面包。相比于精制小麦粉,全麦粉含有更高含量的维生素、矿物质、纤维、抗氧化剂和其他植物化学物质,如类胡萝卜素、类黄酮和酚酸等^[1-3]。因此,全麦面包具有改善肠胃功能、增强免疫力、抗氧化及衰老、预防心血管疾病等重要功效^[4]。

面包等烘焙食品的加工工艺一般包括和面(面粉加水混匀)、揉面、发酵、排气、分割、醒发和烘焙^[5]。全麦面包加工中,由于全麦粉中含有大量的麸皮物质,导致全麦面包表现出体积小、质地坚硬、粗糙、外壳和面包屑暗沉、味苦、保质期短等特性,降低了消费者的喜爱程度,限制了其推广与发展^[6]。研究^[7]表明,原料的酶处理工艺及烘焙工艺等对烘焙食品质量有显著影响。其中,木聚糖酶、植酸酶、脂肪酶以及葡萄糖氧化酶等可以改善面包产品的面筋网络结构,从而改良感官品质。 β -葡萄糖苷酶能够水解多糖类物质末端非还原性 β -葡萄糖苷键,释放出 β -葡萄糖和萜烯醇类以及芳香醇氧化物等配基^[8],不仅增加风味成分^[9],还提高美拉德反应效果和酵母发酵能力。焙烤是面包加工的关键工序,焙烤时间对面包的中心温度、含水量、糊化程度具有重要影响,焙烤时间越长,面包皮越厚,水分越低,质地也越硬^[10]。随着全麦粉含量的增加,麦麸含量逐渐增多,阻碍面筋网络形成,导致加工后

基金项目:福建省高校产学研合作项目(编号:2020N5010);福建省科技经济融合服务平台项目(编号: B21022)

作者简介:陈艳红,女,集美大学实验师,硕士。

通信作者:倪辉(1973—),男,集美大学教授,博士。

E-mail: nihui@jmu.edu.cn

收稿日期:2021-08-12

面包质地粗糙、硬度增大,感官不佳^[11]。此外,茶多酚对淀粉糊化及蛋白质具有一定的影响,从而赋予面包等烘焙食品新的质构特性,口感更加丰富^[12-14]。研究拟分析 β -葡萄糖苷酶、速溶茶粉、全麦粉添加量和焙烤时间对全麦面包的质构影响,以期研发一种质地良好的全麦面包产品,为改良全麦面包的品质提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料及设备

β -葡萄糖苷酶:河南巧手食品添加剂有限公司;

白芽奇兰冻干茶粉:福建大闽食品有限公司;

雀巢奶粉:双城雀巢有限公司;

绵白糖:福建好日子食品有限公司;

高筋面粉、全麦面包粉:新良粮油加工有限责任公司;

黄油:内蒙古伊利实业集团股份有限公司;

高活性干酵母(耐高糖):安琪酵母股份有限公司;

食盐:重庆索特盐化股份有限公司;

高级厨师机:SM-1688 型,牧人电器五金制品有限公司;

电烤炉:SM-6035 型,新麦机械(无锡)有限公司;

醒发机:SM-716F 型,新麦机械(无锡)有限公司;

质构仪:TA.TOUGH 型,上海保圣实业发展有限公司;

电子天平:CP4202C 型,奥豪斯仪器(常州)有限公司;

水分测定仪:MB25 型,奥豪斯仪器(常州)有限公司;

冻干机:JDG-0.2T 型,兰州科近真空冻干技术有限公司。

1.2 方法

1.2.1 全麦面包制作工艺

(1) 基本配方及工艺流程:面粉(高筋粉与全麦粉) 250 g,其余辅料占面粉的比例为干酵母 1.4%、绵白糖 12%、食盐 1%、黄油 6%、水 60%、奶粉 4.8%。

原料称重→调至面团→分割整圆→醒发→整形→发酵→烘烤→冷却→切片、切块→成品检验

(2) 操作要点:将干酵母倒入约 25℃ 的温水中溶解活化 10 min,加入称量好的其余原料,用和面机慢速搅拌 3 min 成团不粘壁,中速搅拌 4 min 形成光滑面团,加入食盐和融化的黄油,慢速搅拌 2 min 使其混合,中速搅拌 2 min 形成光滑面团,高速搅拌 3 min 直至面筋完成。分割整圆,盖上保鲜膜松弛 10 min,按压排气后,盖上保鲜膜醒发 15 min,再均匀按压开,擀成 30~35 cm 长条状,放入吐司盒。35℃ 下,80%湿度发酵 60 min。发酵后在面团表面刷层蛋液,上、下火 180℃ 焙烤。

1.2.2 速溶茶粉添加量对面包品质的影响 将面粉重量 1%,2%,3%,4% 的速溶茶粉溶解于 150 g 水中,与 125 g 高筋面粉、125 g 全麦粉及其余辅料混合均匀,烘焙 35 min,以感官评分、全质构测试为指标,考察速溶茶粉添加量对面包感官质构的影响。

1.2.3 全麦粉添加量对面包品质的影响 设置全麦粉添加量分别为面粉总量的 0%,25%,50%,75%,100%,速溶茶粉添加量 2%,其余原料同配比混合后,烘焙 35 min,以感官评分、全质构测试为指标,考察全麦粉添加量对面包感官质构的影响。

1.2.4 烘焙时间对面包品质的影响 全麦粉添加量 25%、速溶茶粉添加量 2%,设置焙烤时间分别为 25,30,35,40,45 min,以感官评分、全质构测试为指标,考察焙烤时间对面包感官质构的影响。

1.2.5 β -葡萄糖苷酶添加量对面包品质的影响 将面粉重量 0.06%,0.12%,0.18%,0.24% 的 β -葡萄糖苷酶溶解于 150 g 水中,与 25% 全麦粉、2% 速溶茶粉及其余辅料混合均匀,烘焙 35 min,以感官评分、全质构测试为指标,考察 β -葡萄糖苷酶对面包感官质构的影响。

1.2.6 指标测定方法

(1) 质构特性:将冷却定型的面包切成 2.5 cm 厚,采用 P/36-2 平底柱型探头,测前速率 1.0 mm/s,测中、后速率 3.0 mm/s,形变量 40%,循环次数 2 次,返回距离 35 mm。

(2) 感官评价:参照 GB/T 20981—2007 及文献^[15],同时结合茶香气的特点,制定面包感官评分标准(表 1),由感官评价专业人员组成 10 人评定小组,对焙烤冷却后全麦面包的形态、表面色泽、组织、风味、口感 5 个方面(满分 20 分)进行评分。

1.2.7 数据统计方法 采用 Office 2019 软件进行平均值、标准偏差的计算,以及柱状图和折线图的绘制;通过 IBM SPSS Statistics 25 软件进行显著性分析(Duncan)。

2 结果与分析

2.1 速溶茶粉添加量对面包品质的影响

由表 2 可知,当速溶茶粉添加量<3%时,随着添加量的增加,全麦面包硬度和咀嚼性呈先上升后下降的趋势,但其质构特性无显著性差异;当速溶茶粉添加量为 4%时,全麦面包的咀嚼性和回复性显著降低,感官分值也最低。说明当速溶茶粉添加量 $\leq$ 3%时,其对全麦面包的质构特性无显著影响,当速溶茶粉添加量为 4%时,其对全麦面包具有一定的负面影响使其感官不佳。

当速溶茶粉添加量为 2%时,硬度、咀嚼性、黏聚性和回复性无显著性差异,但相对而言,硬度较低、咀嚼性适中,感官评价最高,说明添加 2%左右的速溶茶粉可在一定程度上改良面包品质,使全麦面包拥有较好的口感。

表 1 全麦面包感官评价标准表

Table 1 Sensory evaluation criteria of whole wheat bread

评分	评价标准
形态(20 分)	形态完整、表面光洁、无黑泡或明显斑点为满分;有缺损、有龟裂、表面粗糙、有明显斑点要适当扣分
表面色泽(20 分)	表面呈金黄色、浅棕色或棕灰色、色泽均匀、有光泽为满分;色泽不均匀、有烤焦、无光泽要适当扣分
组织(20 分)	组织柔软、有弹性、无大气孔、呈海绵状、纹理清晰、切片不断裂无掉渣为满分;组织硬、无弹性、纹理不均匀、有大气孔、切片掉渣严重适当扣分
风味(20 分)	具有浓郁的烘烤和发酵后的面包香,并具有浓郁的茶香风味,无异味为满分;有酸味、生面味、面包香味不足、茶香味弱均要适当扣分
口感(20 分)	松软适口、可口、不粘牙、不咯牙、有筋力为满分;不适口、口感硬、粘牙、咯牙要适当扣分

表 2 速溶茶粉添加量对面包质构特性及感官分值的影响[†]

Table 2 Influence of instant tea powder on the texture characteristics and sensory score of bread

茶粉添加量/%	硬度/N	咀嚼性/N	黏聚性	回复性	感官分值
0.0	11.18±2.06	6.57±1.47 ^{ab}	0.62±0.04 ^a	0.22±0.04	77.20±4.39 ^{ab}
1.0	12.07±1.97	7.06±0.78 ^a	0.62±0.03 ^a	0.23±0.02	75.60±5.23 ^{ab}
2.0	9.81±2.05	5.78±0.49 ^{ab}	0.62±0.05 ^a	0.24±0.03	78.90±5.61 ^a
3.0	10.64±1.56	6.27±0.78 ^{ab}	0.63±0.04 ^a	0.24±0.04	71.20±7.64 ^{bc}
4.0	11.31±6.45	5.29±0.39 ^b	0.54±0.02 ^b	0.18±0.01	69.50±8.10 ^c

† 字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

因此选择 2% 的速溶茶粉添加量为最优工艺。

2.2 全麦粉添加量对全麦面包品质的影响

由表 3 可知,随着全麦粉添加量的增加,面包的硬度和咀嚼性先增大后减小,黏聚性和回复性呈先降低后增大的趋势,全麦面包的感官值呈先增大后减少的趋势,说明全麦粉添加量对全麦面包的品质具有显著影响,其主要原因是因为全麦粉中大量强吸水性纤维在发酵过程中吸收水分使得面团变硬^[11],以及全麦粉中麸皮颗粒的存在降低了面团的筋力和柔软度。杨岚等^[16]研究发现全麦粉添加量为 20% 时山植全麦面包的感官评价最高;张秀凤等^[15]发现全麦粉添加量为 6% 时,面包较为柔软,口感好;李永平等^[17]认为面包原料中的全谷物比例不宜超过 65%。当全麦粉添加量为 25% 时,面包硬度和咀嚼性最小,黏聚性、回复性较高,同时感官评分最高,品质最佳。

2.3 焙烤时间对面包品质的影响

由表 4 可知,随着焙烤时间的延长,全麦面包的黏聚性和回复性不断增大,面包的硬度呈先增加后下降的趋势,而咀嚼性无显著变化,直到 45 min 时才显著下降($P<0.05$)。全麦面包的感官评分随焙烤时间的增加呈先降低后增高再逐渐稳定的趋势。根据质构结果可知,焙烤 45 min 的全麦面包品质最好。由感官结果可知,烘烤 40 min 的感官评价最高,但与 35 min 的无显著变化,且从工业生产角度考虑,选择耗时少且感官评分较佳的 35 min 为最佳烘焙时间。

2.4 β -葡萄糖苷酶添加量对面包品质的影响

Ghoshal 等^[18-19]发现木聚糖酶对全麦面包具有体积增大、弹性增加、消化率和咀嚼率上升等效果;Matsushita 等^[20]发现 α -淀粉酶可增加面团持气能力、面包比容及降

表 3 全麦粉添加量对面包质构特性及感官分值的影响[†]

Table 3 Influence of whole wheat content on the texture characteristics and sensory score of the bread

全麦粉添加量/%	硬度/N	咀嚼性/N	黏聚性	回复性	感官分值
0	5.98±0.49 ^b	4.12±0.30 ^c	0.73±0.02 ^a	0.30±0.01 ^a	81.20±3.91 ^a
25	5.49±0.30 ^b	3.82±0.20 ^c	0.71±0.02 ^a	0.31±0.02 ^a	82.70±5.01 ^a
50	9.71±2.06 ^a	5.79±0.50 ^a	0.62±0.05 ^b	0.24±0.03 ^b	78.90±5.61 ^{ab}
75	6.77±0.39 ^b	4.71±0.02 ^b	0.70±0.00 ^a	0.29±0.00 ^a	75.70±6.17 ^b
100	7.26±0.20 ^b	5.01±0.20 ^b	0.70±0.02 ^b	0.28±0.01 ^a	74.70±6.41 ^b

† 字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

表 4 焙烤时间对面包质构特性及感官评分的影响[†]

Table 4 Influence of baking time on texture characteristics and sensory score of the bread

焙烤时间/min	硬度/N	咀嚼性/N	黏聚性	回复性	感官评分
25	5.49±0.29 ^b	3.73±0.20 ^a	0.69±0.00 ^c	0.25±0.03 ^c	70.90±8.16 ^b
30	6.27±0.20 ^a	3.73±0.20 ^a	0.68±0.01 ^c	0.26±0.01 ^c	67.40±8.06 ^b
35	5.49±0.29 ^b	3.82±0.20 ^a	0.71±0.02 ^b	0.31±0.02 ^b	82.70±5.01 ^a
40	5.00±0.20 ^c	3.82±0.30 ^a	0.79±0.02 ^a	0.37±0.01 ^a	82.90±4.23 ^a
45	4.02±0.59 ^d	3.14±0.50 ^b	0.80±0.01 ^a	0.38±0.02 ^a	81.90±3.45 ^a

[†] 字母不同表示差异显著($P < 0.05$)。

低硬度;Cizeikiene 等^[21]发现植酸酶能够减弱植酸对矿物质的螯合,以及与面筋蛋白的结合,改善全麦面包的营养价值,加速面团的发酵,增加全麦面包的比容等。Colakoglu 等^[22]发现脂肪酶能提高全麦面团的强度,降低面团黏稠度。 β -葡萄糖苷酶是一种纤维素酶,能够帮助降解纤维素^[23]。由表 5 可知, β -葡萄糖苷酶添加量对全麦面包的质构和综合品质具有显著影响;随着 β -葡萄糖苷酶添加量的增加,面包的黏聚性和回复性显著降低,硬度和咀嚼性呈先增加后下降又增加的趋势,且添加酶的面包硬度始终高于未添加酶的。从面包的组织、色泽、口感等方面综合评价,随着 β -葡萄糖苷酶添加量的增加,感官评分先增加后降低,当 β -葡萄糖苷酶添加量为 0.12% 时,全麦面包的感官结果最好,说明 β -葡萄

糖苷酶具有纤维素类酶相似的功能,能在一定程度上改善面筋网络结构、改善面包的风味和色泽等多方面效果。

综上,全麦面包的最佳工艺参数为 β -葡萄糖苷酶添加量 0.12%、速溶茶粉添加量 2%、全麦粉添加量 25%、烘焙时间 35 min。该全麦面包质地较为柔软,粗糙感下降,主要是因为采用了 β -葡萄糖苷酶处理、添加速溶茶粉及控制烘焙时间等措施,有效克服了添加全麦粉引起的面包质构特性不良的问题。同时,对比表 4 和表 5,两批数据具有一定的差异,其原因主要是使用全麦粉的批次不同,说明全麦粉的来源以及批次也会对全麦面包的质构与感官有一定影响。因此,在生产全麦面包过程中,还应

表 5 β -葡萄糖苷酶处理对面包质构特性及感官分值的影响[†]

Table 5 Influence of β -glucosidase treatment on texture characteristics and sensory score of bread

酶添加量/%	硬度/N	咀嚼性/N	黏聚性	回复性	感官分值
0.00	7.26±0.20 ^c	5.00±0.20 ^b	0.70±0.02 ^a	0.28±0.01 ^a	74.70±6.41 ^c
0.06	12.55±0.59 ^a	6.57±0.30 ^a	0.59±0.01 ^b	0.19±0.01 ^b	81.20±5.45 ^{ab}
0.12	10.30±0.59 ^b	4.21±0.39 ^c	0.56±0.04 ^b	0.16±0.02 ^b	82.30±5.54 ^a
0.18	10.30±0.69 ^b	3.53±0.20 ^d	0.49±0.03 ^c	0.13±0.01 ^c	81.30±5.93 ^{ab}
0.24	12.36±0.10 ^a	4.22±0.39 ^c	0.46±0.03 ^c	0.12±0.02 ^c	73.10±12.44 ^c

[†] 字母不同表示差异显著($P < 0.05$)。

3 结论

试验发现,添加量 $\leq 3\%$ 的速溶茶粉对全麦粉面包的质构及口感无显著影响,当添加量达 4% 时有负面影响;全麦粉添加量、烘焙时间及 β -葡萄糖苷酶添加量对全麦面包的产品质量具有重要影响。全麦粉面包的最佳制作工艺为 β -葡萄糖苷酶添加量 0.12%、速溶茶粉添加量 2%、全麦粉添加量 25%、焙烤时间 35 min,此时面包硬度和咀嚼度较低,回复性好,感官评分值高。研究认为添加速溶茶粉, β -葡萄糖苷酶对全麦面包质构和感官特性的影响的研究还不够深入,应从速溶茶粉的多酚物质以及 β -葡萄糖苷酶的催化特性对全麦面包的面筋网络结构的作用机理进行进一步的探讨,对改善全麦面包品质具有一

定的意义与价值。

参考文献

[1] SLAVIN J. Whole grains and human health[J]. Nutrition Research Reviews, 2004, 17(1): 99-110.

[2] ZHOU Ke-quan, SU Lan, YU Liang-li. Phytochemicals and antioxidant properties in wheat bran[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2004, 52(20): 6 108-6 114.

[3] DEORA N S. Whole wheat flour stability: An insight[J]. Acta Scientie Nutritional Health, 2018(2): 8-18.

[4] 张琳. 全麦食品的营养功能与开发现状分析[J]. 粮食加工, 2019, 44(6): 25-29.

ZHANG Lin. Analysis of nutrition function and development status of whole wheat food[J]. Grain Processing, 2019, 44(6): 25-29.

- [5] 柳思妍, 吴雨轩, 王展. 小麦全麦面包加工工艺优化[J]. 现代食品, 2021(8): 87-90.
- LIU Si-yan, WU Yu-xuan, WANG Zhan. Optimization of the processing technology of whole wheat bread[J]. Modern Food, 2021(8): 87-90.
- [6] 宁芊, 游佩琼, 吴先辉, 等. 复配亲水胶体对面团流变特性及全麦面包品质的影响[J]. 食品与机械, 2019, 35(9): 32-38.
- NING Qian, YOU Pei-qiong, WU Xian-hui, et al. Effect of compound hydrocolloid on the rheological properties of dough and the quality of whole-wheat bread[J]. Food & Machinery, 2019, 35(9): 32-38.
- [7] 陆云军, 陆利霞, 姚丽丽, 等. 酶制剂对全麦面包品质作用分析[J]. 食品工业科技, 2021, 42(1): 363-367.
- LU Yun-jun, LU Li-xia, YAO Li-li, et al. Analysis on the effect of enzymes on the quality of whole wheat bread[J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(1): 363-367.
- [8] 张阳, 江璐, 郭志君, 等. 利用 β -葡萄糖苷酶提高葡萄酒香气的研究进展[J]. 现代食品科技, 2020, 36(4): 316-324.
- ZHANG Yang, JIANG Lu, GUO Zhi-jun, et al. Improving wine aroma by using beta-glucosidase: A review[J]. Modern Food Science & Technology, 2020, 36(4): 316-324.
- [9] 王昊宇. β -葡萄糖苷酶的研究及应用[J]. 中国高新区, 2018(14): 222.
- WANG Hao-yu. Study and application of β -glucosidase[J]. Science & Technology Industry Parks, 2018(14): 222.
- [10] 肖志刚. 食品焙烤原理及技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008: 144-146.
- XIAO Zhi-gang. Principles and techniques of food baking[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2008: 144-146.
- [11] HEINIÖ R L, NOORT M W J, KATINA K, et al. Sensory characteristics of wholegrain and bran-rich cereal foods: A review[J]. Trends in Food Science & Technology, 2016, 47: 25-38.
- [12] 宋振硕, 杨军国, 张磊, 等. 烘焙类茶食品的研究进展[J]. 食品工业科技, 2019, 40(1): 327-331.
- SONG Zhen-shou, YANG Guo-jun, ZHANG Lei, et al. Research progress on the baking tea foods[J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 40(1): 327-331.
- [13] 童大鹏. 红茶面包的研制及对淀粉消化特性的影响[D]. 无锡: 江南大学, 2017: 35-37.
- TONG Da-peng. Preparation of black tea bread and the effect on starch digestion properties[D]. Wuxin: Jiangnan University, 2017: 35-37.
- [14] NING Jing-ming, HOU G G, SUN Jing-jing, et al. Effect of green tea powder on the quality attributes and antioxidant activity of whole-wheat flour pan bread[J]. LWT-Food Science and Technology, 2017, 79: 342-348.
- [15] 张秀凤, 申晓琳, 李玉婷. 黑豆全麦面包的研制[J]. 现代牧业, 2018(3): 27-31.
- ZHANG Xiu-feng, SHEN Xiao-ting, LI Yu-ting. Research of the black bean and whole wheat bread[J]. Modern Animal Husbandry, 2018(3): 27-31.
- [16] 杨岚, 叶明珠, 喻铭佳, 等. 山楂全麦面包的研制[J]. 中国酿造, 2014, 33(9): 168-172.
- YANG Lan, YE Ming-zhu, YU Ming-jia, et al. Development of hawthorn whole wheat bread[J]. China Brewing, 2014, 33(9): 168-172.
- [17] 李永平, 冯哲, 于丽微, 等. 全麦面包的制作及其品质研究[J]. 粮食加工, 2014(3): 69-71.
- LI Yong-ping, FENG Zhe, YU Li-wei, et al. Research on production and quality of whole wheat bread[J]. Grain Processing, 2014(3): 69-71.
- [18] GHOSHAL G, SHIVHARE U S, BANERJEE U C. Rheological properties and microstructure of xylanase containing whole wheat bread dough[J]. Journal of Food Science and Technology, 2017, 54(7): 1928-1937.
- [19] GHOSHAL G, SHIVHARE U S, BANERJEE U C. Thermo-mechanical and micro-structural properties of xylanase containing whole wheat bread[J]. Food Science and Human Wellness, 2016, 5(4): 219-229.
- [20] MATSUSHITA K, SANTIAGO D M, NODA T, et al. The bread making qualities of bread dough supplemented with whole wheat flour and treated with enzymes[J]. Food Science and Technology Research, 2017, 23(3): 403-410.
- [21] CIZEIKIENE D, UODEIKIENE G, BARTKIENE E, et al. Phytase activity of lactic acid bacteria and their impact on the solubility of minerals from whole meal wheat bread[J]. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 2015, 66(7): 736-742.
- [22] COLAKOGLU A S, ZKAYA H. Potential use of exogenous lipases for DATEM replacement to modify the rheological and thermal properties of wheat flour dough[J]. Journal of Cereal Science, 2012, 55(3): 397-404.
- [23] 潘利华, 罗建平. β -葡萄糖苷酶的研究及应用进展[J]. 食品科学, 2006, 27(12): 803-807.
- PAN Li-hua, LUO Jian-ping. Advance in research and application of β -D-glucosidase[J]. Food Science, 2006, 27(12): 803-807.