

β -葡聚糖酶对大麦-小麦混合粉面条物理特性及感官品质的影响

李真^{1,2}, 高文倩¹, 姬生鑫¹, 索标^{1,2}, 艾志录^{1,2}

(1. 河南农业大学食品科学技术学院, 河南郑州 450002)(2. 农业部大宗粮食加工重点实验室, 河南郑州 450002)

摘要: 以大麦全粉与小麦粉质量比为 4:6 的混合粉制作面条, 研究不同添加量 β -葡聚糖酶 (0、300、500、700、900、1100 mg/kg) 对混合粉糊化特性、面条质构特性、色泽、蒸煮品质等物理特性及感官品质的影响。结果表明: 在 300 mg/kg 时混合粉的峰值粘度、最低粘度、崩解值、最终粘度、回生值、峰值时间降低幅度最大, 降幅分别为 313.33 cP、211.67 cP、101.66 cP、341.7 cP、129.34 cP、0.24 min; β -葡聚糖酶的添加可改善生面条的质构特性, 硬度、咀嚼性、回复性分别降低了 29.17%、33.10%、12.44%, 感官评价综合得分呈上升趋势; 当 β -葡聚糖酶添加量 ≥ 300 mg/kg 时, 面片的亮度显著下降; 添加量为 1100 mg/kg 时, 蒸煮损失由空白组的 7.97% 显著降低到 7.10%; 感官评价总体可接受度为 5.7。综合表明, 适量 β -葡聚糖酶的添加能够改善大麦-小麦混合粉面条的品质, 可考虑将其作为大麦-小麦混合粉面条的改良剂。

关键词: β -葡聚糖酶; 大麦; 面条; 蒸煮品质; 质构特性

文章编号: 1673-9078(2019)04-124-129

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2019.4.018

Effect of β -glucanase on the Physical Characteristics and Sensory Quality of Noodles Made with Barley-wheat Mixed Flour

LI Zhen^{1,2}, GAO Wen-qian¹, JI Sheng-xin¹, SUO Biao^{1,2}, AI Zhi-lu^{1,2}

(1. College of Food Science and Technology, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

(2. Key Laboratory of Staple Grain Processing, Ministry of Agriculture, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: In this study, noodles were prepared through using barley-wheat mixed flour (with a mass ratio of 4:6). The effects of adding β -glucanase at 0, 300, 500, 700, 900 or 1100 mg/kg on the physical characteristics and sensory quality of noodles were investigated through measuring the pasting properties of mixed flour, and texture, color and cooking characteristics of noodles. The results showed that adding β -glucanase at 300 mg/kg caused the greatest decrease in the peak viscosity, trough viscosity, breakdown, final viscosity, setback and peak time of mixed flour, with the decreases being 313.33 cP, 211.67 cP, 101.66 cP, 341.7 cP, 129.34 cP and 0.24 min, respectively. The addition of β -glucanase could improve the texture properties of raw noodles, with the hardness, chewiness and resilience being reduced by 29.17%, 33.10% and 12.44%, respectively, and the score of sensory evaluation exhibiting an upward trend. When the amount of added β -glucanase was more than 300 mg/kg, the brightness of dough decreased significantly. When the amount of β -glucanase reached 1100 mg/kg, the cooking loss of noodles decreased significantly from 7.97% (the control group) to 7.10%, and the score for overall acceptability was 5.7. Accordingly, the addition of an appropriate amount of β -glucanase can improve the quality of the noodle made with barley-wheat mixed flour, thus, β -glucanase may be considered as a modifier for this kind of noodle.

Key words: β -glucanase; barley; noodles; cooking property; textural characteristics

随着人们饮食习惯的变化和健康意识的提高, 人

收稿日期: 2018-11-07

基金项目: 国家自然科学基金项目 (31601506); 河南省高等学校重点科研项目 (16A550011); 河南农业大学博士科研启动基金项目 (30601015)

作者简介: 李真 (1983-), 女, 博士, 研究方向: 谷物加工及面食制品品质控制研究

通讯作者: 艾志录 (1965-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 农产品加工与贮藏工程、速冻食品、主食工业化等

们对大麦的认识也越来越多, 大麦产品也越来越受到消费者的青睐。在国内, 目前大麦产品及其研究主要以大麦茶^[1]、大麦 β -葡聚糖^[2]、大麦粉^[3]和大麦片^[4]等为主。而大麦面包、大麦面条等主食产品也有研究但还很薄弱, 主要原因是大麦粉不能像小麦粉一样与水形成富有粘弹性的面筋网络结构, 限制了大麦在面制品中的应用。

β -葡聚糖酶是催化水解 β -葡聚糖的多种酶的总

称,对 β -葡聚糖具有重要的水解作用,根据作用方式不同,分为内切型和外切型^[5]。 β -葡聚糖酶主要应用在啤酒酿造^[6,7]和饲料加工^[8,9]工业中,以及果蔬的绿色保鲜^[10]等。随着生物技术的发展、酶制剂研究的不断深入, β -葡聚糖酶对大麦制品的品质改良作用日益受到人们的关注。我们前期研究了 β -葡聚糖酶对大麦(30%)-小麦(70%)复合面团流变特性及面包烘焙品质的影响,结果表明, β -葡聚糖酶的添加对于富含大麦粉的面团及面包具有显著改善作用。在小麦粉中加入大麦粉制作面条时,面条色泽发暗,大麦粉含量高的面条表面粗糙光洁度差,口感粗糙不筋道,需对大麦粉进行强化^[11]。因此,温纪平^[12]等通过在大麦-小麦混合粉中添加谷朊粉来改善大麦粉的加工特性,结果表明,当谷朊粉添加量在2%~3%时,大麦粉比例小于30%时制作的面条可被接受。然而考虑 β -葡聚糖酶作为大麦-小麦混合粉面条改良剂的品质影响还未见报道。本研究以40%的大麦粉替代小麦粉制备面条,研究不同添加量 β -葡聚糖酶对大麦(40%)-小麦(60%)混合粉(以下简称混合粉)糊化特性及面条质构特性、色泽、蒸煮特性、感官品质的影响。明确 β -葡聚糖酶对大麦-小麦混合粉面条品质的改善效果,以期制备具有良好品质的大麦面条和新型大麦面条改良剂的开发提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

小麦粉:克明面业股份有限公司;全大麦粉:实验室自制; β -葡聚糖酶(食品级,酶活10万U/g,温度范围为30~60℃):山东苏柯汉生物工程股份有限公司。

1.2 仪器与设备

DFY-500型摇摆式高速中药粉碎机,温林市林大机械有限公司;CR-5型色彩色差计,深圳市天有利标准光源有限公司;DHR-2型流变仪,美国TA公司;ME104E/02型电子天平,永康市五瑞工贸有限公司;电动压面机,永康市五瑞工贸有限公司;TA.XTPLUS质构仪,英国StabLeMicroSystem公司;快速粘度分析仪(RVA4500),澳大利亚Perten公司。

1.3 方法

1.3.1 混合粉面条的制作

称取大麦粉(40%)-小麦粉(60%)混合粉100g, β -葡聚糖酶分别按0、300、500、700、900、1100mg/kg

的量添加,充分混合均匀,以最适加水量将面粉与水用手揉成松散的面穗,用保鲜膜包裹,25℃下静置20min后用压面机进行压面切条,切成规格为宽3mm,厚1.5mm的面条备用。

1.3.2 混合粉糊化特性的测定

采用快速黏度分析仪(RVA)测定 β -葡聚糖酶对混合粉糊化特性的影响。准确称取混合粉3g,按照1.3.1 β -葡聚糖酶的添加量与之混合均匀,加入到装有蒸馏水的铝盒中,用旋转桨充分搅拌后,开始测定。测定程序为:初始温度为50℃保持1min,然后以12℃/min提高到95℃,在95℃保持2.5min,再以12℃/min降至50℃并保持2min,整个测定过程为13min。

1.3.3 混合粉面条质构特性的测定

1.3.3.1 生面条 TPA 的测定

取3根一定长度(10cm)的混合粉生面条等距离平行置于载物台上,测定得到硬度、弹性、咀嚼性等参数,每组试验做6次平行试验,测得的数据去除最大值和最小值后取平均值。

1.3.3.2 熟面条 TPA 的测定

取20根一定长度(22cm)的混合粉生面条,放入500mL的沸水中,蒸煮5.5min后立即捞出放于冷水中冷却1min,将面条捞出沥干水分立即用质构仪进行TPA测定,测定方法与生面条TPA测定方法相同,每组试验做6次平行试验,测得的数据去除最大值和最小值后取平均值。

探头型号:平底柱形P/50探头;参数设定:测前速度:2mm/s;测中速度:0.8mm/s;测后速度:0.8mm/s;压缩比:75%;两次压缩时间间隔:1.0s;触发力:5g。

1.3.4 混合粉面片色泽的测定

使用压面机将面穗压成1.5mm厚的面片,用圆形模具切成直径为57mm的面片,使用色差计以同一白纸板为背景测量,连续测取面片正反两面不同的位置8次,记录其L*、a*、b*值并计算各自的平均值。然后将面片放在自封袋中于4℃存放,24h后再次测定其色差,方法同上。

用L*、a*、b*值对面片进行色泽评价,采用CIE 1976颜色评价体系。用 ΔE^* 表示面片在24h中的总体褐变程度,如公式(1):

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (1)$$

式中: $\Delta L^* = L^*(0h) - L^*(24h)$; $\Delta a^* = a^*(24h) - L^*(0h)$; $\Delta b^* = b^*(24h) - L^*(0h)$ 。

ΔE^* 值与感官之间存在的关系为:当 $\Delta E^* < 1.5$ 时,

感不到任何差异;当 $1.5 < \Delta E^* < 3.0$ 时能看到稍微差异;当 $3.0 < \Delta E^* < 6.0$ 时能感受到差异;当 $\Delta E^* > 6.0$ 时有显著性差异。

1.3.5 混合粉面条蒸煮特性的测定

1.3.5.1 最佳蒸煮时间确定

每组选取 30 根 10 cm 的面条,用 500 mL 的蒸馏水用小火蒸煮,煮 3 min 后每隔 30 s 取一根面条,用小刀快速切开截面,观察横截面是否有白心,记录白心刚好消失的时间为面条的最佳蒸煮时间。

1.3.5.2 吸水率的测定

称取 25.0 g 面条放入 500 mL 沸腾蒸馏水中,煮至最佳蒸煮时间,立即捞出用 50 mL 蒸馏水冲淋,将面条沥干 5 min,收取煮面和冲淋的蒸馏水,准确称量面条重量,计算面条吸水率,如公式 (2):

$$\text{面条吸水率}/\% = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100\% \quad (2)$$

式中: W_1 : 蒸煮前面条的重量, g; W_2 : 蒸煮后面条的

重量, g。

1.3.5.3 蒸煮损失率的测定

预先称取烧杯的重量,精确至 0.01 g,然后收集煮面及冲淋的水,把烧杯置于 105 °C 的烘箱烘干至恒重,冷却称量其重量,精确至 0.01 g,计算蒸煮损失率,如公式 (3):

$$L = \frac{M_2}{M_1(100 - M)} \times 100\% \quad (3)$$

式中: M_1 : 蒸煮前面条的质量, g; M_2 : 烘干至恒重的质量, g; M : 面条含水量, %。

1.3.6 感官评价

取混合粉面条 40 根,放入 1000 mL 的沸水中煮至最佳蒸煮时间,立即捞出用流水冲淋 20 s,分装于各盘中立即进行感官评定,挑选 10 名感官评定员组成评定小组,由感官评定小组使用 9 点喜好标度法^[13]对熟制面条的风味、色泽、咀嚼性、黏弹性、总体接受度等进行打分,求取平均值作为样品的最终得分。

表 1 感官评定分值表

Table 1 Sensory evaluation scale

分值	9	8	7	6	5	4	3	2	1
评价	非常喜欢	很喜欢	一般喜欢	有点喜欢	既没喜欢也没有不喜欢	有点不喜欢	一般不喜欢	很不喜欢	非常不喜欢

表 2 β -葡聚糖酶对混合粉糊化特性的影响

Table 2 Effects of β -glucanase on pasting of mixed powder

酶添加量/(mg/kg)	峰值粘度/cP	最低粘度/cP	崩解值/cP	最终粘度/cP	回生值/cP	峰值时间/min	糊化温度/°C
0	1223.00 ± 13.00 ^a	888.67 ± 9.29 ^a	334.33 ± 10.97 ^a	1694.70 ± 4.73 ^a	806.00 ± 7.55 ^a	6.49 ± 0.03 ^a	89.68 ± 0.03 ^a
300	909.67 ± 6.66 ^b	677.00 ± 8.89 ^b	232.67 ± 3.21 ^b	1353.00 ± 3.46 ^b	676.00 ± 11.53 ^b	6.25 ± 0.04 ^b	89.97 ± 0.51 ^a
500	899.33 ± 4.04 ^b	660.67 ± 8.08 ^{bc}	238.67 ± 4.04 ^b	1332.30 ± 2.52 ^c	671.67 ± 7.23 ^{bc}	6.18 ± 0.04 ^b	89.72 ± 0.03 ^a
700	875.33 ± 8.62 ^c	636.00 ± 14.11 ^c	239.33 ± 5.51 ^b	1296.70 ± 12.58 ^d	660.67 ± 3.51 ^{bc}	6.16 ± 0.08 ^b	89.98 ± 0.49 ^a
900	873.67 ± 11.15 ^c	635.33 ± 23.07 ^c	238.33 ± 11.93 ^b	1292.00 ± 11.53 ^d	656.67 ± 13.61 ^c	6.20 ± 0.12 ^b	90.22 ± 0.49 ^a
1100	841.67 ± 15.95 ^d	596.67 ± 14.01 ^d	245.00 ± 4.58 ^b	1258.70 ± 10.50 ^e	662.00 ± 3.61 ^{bc}	6.02 ± 0.04 ^c	90.22 ± 0.98 ^a

注: 同一栏中数字上不同字母标识代表两数均值之间存在显著性差异($p < 0.05$)。下表同。

1.4 数据处理

试验数据全部采用 Excel 2007 和 Spass 16.0 软件分析处理。

2 结果与分析

2.1 β -葡聚糖酶对混合粉糊化特性的影响

由表 2 可知,随着 β -葡聚糖酶添加量的增加,混合粉糊化温度略有上升,但影响不显著($p > 0.05$);与空白组相比, β -葡聚糖酶均显著降低($p < 0.05$)混合粉的峰值粘度、最低粘度、崩解值、最终粘度、回生

值及峰值时间,当 β -葡聚糖酶添加量为 300 mg/kg 时,混合粉的峰值粘度、最低粘度、崩解值、最终粘度、回生值、峰值时间降低幅度最大,降幅分别为 313.33 cP、211.67 cP、101.66 cP、341.7 cP、129.34 cP、0.24 min;分析峰值粘度显著降低的原因可能是,一方面, β -葡聚糖酶的水解作用使 β -葡聚糖的持水性明显降低,大量被 β -葡聚糖结合的水分释放出来,从而体系中淀粉浓度相对降低^[14]。另一方面,可能是因为 β -葡聚糖酶水解了 β -葡聚糖,使其成为失去高粘性的小分子,从而降低了混合粉的峰值粘度;回生值反映了原料的凝胶特性,回生值越大,原料的凝胶强度越大, β -葡聚糖酶的添加,降低了混合粉的回生值,使形成的

凝胶硬度、紧实度和弹性降低；崩解值表示淀粉的耐剪切程度，崩解值越大，表明其耐剪切性越差^[15]，混合粉崩解值的降低，说明添加 β -葡聚糖酶的体系中淀粉颗粒的破损程度减小，原因可能是 β -葡聚糖酶降解了 β -葡聚糖，影响直链淀粉分子的重排和再结晶，从

而降低淀粉的老化速率^[16]。

2.2 β -葡聚糖酶对混合粉面条质构特性的影响

表3 β -葡聚糖酶对混合粉生面条 TPA 的影响

Table 3 Effects of β -glucanase on TPA of fresh noodles

酶添加量/(mg/kg)	硬度/g	弹性	内聚性	咀嚼性	回复性
0	17481.40±349.88 ^a	0.59±0.11 ^a	0.593±0.009 ^a	6119.01±1034.15 ^a	0.442±0.008 ^a
300	15761.66±438.52 ^{bc}	0.57±0.05 ^a	0.574±0.009 ^a	5142.45±605.59 ^{abc}	0.414±0.012 ^{bcd}
500	15028.73±521.98 ^{de}	0.52±0.03 ^a	0.568±0.008 ^a	4405.99±358.27 ^{bcd}	0.413±0.013 ^{cd}
700	15657.37±385.88 ^c	0.56±0.09 ^a	0.566±0.015 ^a	4925.01±609.61 ^{abcd}	0.423±0.025 ^{abcd}
900	14582.55±341.20 ^e	0.47±0.03 ^a	0.559±0.002 ^a	3830.09±312.58 ^d	0.406±0.010 ^{de}
1100	13534.11±369.87 ^f	0.54±0.17 ^a	0.552±0.021 ^a	4093.88±1529.82 ^{cd}	0.387±0.022 ^e

表4 β -葡聚糖酶对混合粉熟面条 TPA 的影响

Table 4 Effects of β -glucanase on TPA of cooked noodles

酶添加量/(mg/kg)	硬度/g	弹性	内聚性	咀嚼性	回复性
0	7632.55±196.83 ^a	0.825±0.081 ^a	0.635±0.016 ^a	4004.14±482.75 ^a	0.303±0.004 ^a
300	7597.79±58.49 ^a	0.884±0.018 ^a	0.625±0.005 ^a	4193.82±53.24 ^a	0.293±0.005 ^{bcd}
500	7520.33±213.44 ^a	0.822±0.086 ^a	0.612±0.013 ^a	3780.06±423.35 ^{abc}	0.287±0.006 ^{de}
700	6881.42±411.67 ^{abc}	0.778±0.062 ^a	0.611±0.023 ^a	3275.11±394.47 ^{cd}	0.285±0.010 ^e
900	6706.29±142.98 ^{bc}	0.771±0.068 ^a	0.628±0.006 ^a	3249.95±322.25 ^d	0.292±0.004 ^{cde}
1100	6422.70±206.06 ^c	0.821±0.080 ^a	0.641±0.023 ^a	3370.36±282.04 ^{bcd}	0.298±0.009 ^{abc}

由表3可知，与空白组相比， β -葡聚糖酶添加量在0~1100 mg/kg 范围时，生面条的硬度、咀嚼性、回复性下降，其中硬度、咀嚼性、回复性分别降低了22.58%、33.10%、12.44%，当 β -葡聚糖酶添加量达到500 mg/kg 时生面条的硬度、咀嚼性、回复性显著降低 ($p<0.05$)，而 β -葡聚糖酶的添加对混合粉生面条的弹性和内聚性无显著影响 ($p>0.05$)。面条的硬度值越大、回复性值越小、咀嚼性值越大面条吃起来会感到生硬、粘牙、不筋道。添加 β -葡聚糖酶可使生面条的硬度、咀嚼性、回复性显著降低，表明 β -葡聚糖酶可使面条变得柔软，分析其原因可能是 β -葡聚糖酶降解了 β -葡聚糖，降低了面团的持水性^[17]，且小分子的 β -葡聚糖增强了面团的乳化凝胶作用，导致面条韧性不足^[18]，从而使面条硬度减小。而回复性与淀粉和面筋蛋白之间的作用力呈正相关^[19]，表明 β -葡聚糖酶减小了淀粉与面筋蛋白之间的作用力，提高了面条的综合品质。

由表4可知，面条在熟制后，与空白组相比，当 β -葡聚糖酶添加量达到900 mg/kg 时，熟面条的硬度显著降低 ($p<0.05$)，1100 mg/kg 时最低，硬度为6422.70g，而添加 β -葡聚糖酶对熟面条的弹性无显著性影响 ($p>0.05$)。综合表3和表4可知， β -葡聚糖酶

对熟面条的品质影响与生面条相似，但当 β -葡聚糖酶添加量为900 mg/kg 时，熟面条的硬度显著降低 ($p<0.05$)，与生面条相比，添加量变大，分析其原因可能是 β -葡聚糖酶的最适温度在30~60℃，加热抑制了 β -葡聚糖酶的活性，或导致部分 β -葡聚糖酶失活。

2.3 β -葡聚糖酶对混合粉面条色泽的影响

L*值表示面片颜色的亮度，a*、b*值中±号代表方向，+a*值表示向着红色方向增加、-a*值表示向着绿色方向增加、+b*值表示向着黄色方向增加、-b*值表示向着蓝色方向增加^[17]。由表5可知，对于贮藏0 h 的混合粉面条， β -葡聚糖酶添加量大于300 mg/kg 时，能显著降低 ($p<0.05$) 混合粉面条的亮度值，这可能是因为 β -葡聚糖酶在水解 β -葡聚糖的过程中使 β -葡聚糖所吸收的水分释放，水分的增加使面片中多酚氧化酶活性随之增大而加速面条褐变，从而使面条的亮度值降低，对生鲜湿面面片的色度值 a*无显著影响 ($p>0.05$)，面片总体偏红色；对色度 b*值也无显著影响 ($p>0.05$)，面片总体偏黄色；在4℃下贮藏24 h 后， β -葡聚糖酶添加量 ≥ 300 mg/kg 时，生鲜湿面面片的亮度值显著降低 ($p<0.05$)，其中900 mg/kg 时最低，为61.81； β -葡聚糖酶添加量在0~900 mg/kg 时，对生

鲜湿面面片的色度值 a^* 无显著影响 ($p>0.05$), 只有 β -葡聚糖酶添加量在 1100 mg/kg 时对色度 a^* 有显著影响 ($p<0.05$), 此时 a^* 值为 4.119, 面片总体偏红色; β -葡聚糖酶的添加, 对色度 b^* 值无显著影响 ($p>0.05$), 面片总体偏黄色。

表 5 中每一项 ΔE^* 值均大于 6.0, 表明在 4 °C 下贮

表 5 β -葡聚糖酶对混合粉面条色泽的影响 (4 °C)

Table 5 Effect of β -glucanase on color of noodles with mixed Powder (4 °C)

酶添加量 (mg/kg)	0 h			24 h			ΔE^*
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	
0	70.15±0.14 ^d	3.23±0.08 ^a	15.60±0.16 ^a	63.78±0.34 ^a	3.899±0.09 ^{cd}	15.24±0.21 ^a	6.43±0.37 ^c
300	70.87±0.44 ^a	3.25±0.12 ^a	15.63±0.33 ^a	63.29±0.48 ^{bc}	4.021±0.11 ^{abc}	15.25±0.35 ^a	7.65±0.56 ^{ab}
500	70.30±0.27 ^{bcd}	3.15±0.10 ^a	15.98±0.38 ^a	63.13±0.44 ^c	3.903±0.11 ^{bcd}	15.52±0.69 ^a	7.26±0.57 ^b
700	70.21±0.19 ^{cd}	3.20±0.10 ^a	15.76±0.31 ^a	62.18±0.38 ^{def}	4.005±0.11 ^{abc}	15.44±0.50 ^a	8.10±0.48 ^a
900	69.69±0.21 ^{ef}	3.25±0.10 ^a	15.71±0.41 ^a	61.81±0.57 ^f	3.848±0.18 ^d	15.41±0.73 ^a	7.96±0.70 ^a
1100	69.65±0.27 ^f	3.28±0.16 ^a	16.01±0.61 ^a	61.98±0.51 ^{ef}	4.119±0.18 ^a	16.06±0.85 ^a	7.78±0.43 ^{ab}

2.4 β -葡聚糖酶对混合粉面条蒸煮损失的影响

表 6 β -葡聚糖酶对混合粉面条蒸煮损失的影响

Table 6 Effects of β -glucanase on cooking loss of noodles with mixed Powder

酶添加量/(mg/kg)	蒸煮损失/%
0	7.97±0.38 ^{ab}
300	8.58±0.32 ^a
500	7.48±0.47 ^{bc}
700	7.81±0.58 ^{abc}
900	7.74±0.24 ^{abc}
1100	7.10±0.56 ^c

面条的蒸煮损失指的是溶解于面汤中的干物质, 在蒸煮过程中面条中的可溶性物质溶解而使面汤变得浑浊, 是反应面条品质好坏的关键性指标, 即面条的损失率与面条的品质负相关^[20]。由表 6 可知, 当 β -葡聚糖酶添加量 ≥ 500 mg/kg 时, 与空白组相比, 面条蒸煮损失呈下降趋势, 且当 β -葡聚糖酶的添加量为 1100 mg/kg 时, 面条的蒸煮损失显著降低 ($p<0.05$), 由空白组的 7.97% 降低到 7.10%, 表明 β -葡聚糖酶的添加, 降低了面条中可溶性物质的溶解, 提高了面条的耐煮性, 这可能是 β -葡聚糖酶水解了大麦粉中的 β -葡聚糖, 从而降低了大麦中富含的 β -葡聚糖对面筋蛋白网络结构的破坏作用, 使得面团中面筋网络结构更加的紧密, 淀粉能更好地被面团包裹, 蒸煮过程中流失到面汤中的固形物减少, 降低了干物质的损失率^[21,22], 从而改善了面条的品质。

藏 24 h 后与 0 h 的面片相比, 面片的色泽存在显著性差异 ($p<0.05$)。 β -葡聚糖酶的最适温度在 30~60 °C, 可能 4 °C 低温, β -葡聚糖酶的活性会受到抑制, 但随着贮藏时间的增加, 面片的色泽越来越暗, 生鲜湿面面片发生褐变, 这表明 4 °C 时 β -葡聚糖酶的加入对面条的褐变无明显的改善作用。

2.5 β -葡聚糖酶对混合粉面条感官品质的影响

表 7 β -葡聚糖酶对混合粉面条感官品质的影响

Table 7 Effect of β -glucanase on sensory quality of noodles with mixed Powder

酶添加量 (mg/kg)	感官品质		
	色泽 (生)	色泽 (熟)	黏弹性
0	4.6	4.3	4.2
300	5	4.5	4.8
500	4.9	5	5
700	5.3	4.8	5.1
900	5.2	5.2	5
1100	5	5.2	5.1

酶添加量 (mg/kg)	适口性	风味	总体可接受度
0	4.4	5.1	5.1
300	5.1	5	5.2
500	5	5	5.1
700	5.2	5.4	5.3
900	5.2	5.3	5.6
1100	5.3	5.5	5.7

食品感官评价被广泛应用于新产品研制、产品改良, 食品质量控制、产品评优等各个领域^[23], 食品的感官品质对生产出满足顾客期望的食品具有重要的意义。由表 7 可以看出, 随着 β -葡聚糖酶添加量的增加, 混合粉面条感官评分总体呈上升趋势, 尤其当 β -葡聚糖酶添加量 ≥ 900 mg/kg 时, 感官评分明显增加。当 β -

葡聚糖酶的添加量为 1100 mg/kg 时感官评价分值最高, 总体可接受度为 5.7, 表明适量 β -葡聚糖酶的添加可增加消费者对高大麦粉含量的面条的接受度。量为 1100 mg/kg 时, 面条的品质更加符合大众口味。

3 结论

3.1 添加 β -葡聚糖酶后与空白组相比, 混合粉的峰值粘度、最低粘度、崩解值、最终粘度、回生值、峰值时间显著降低 ($p < 0.05$), 当 β -葡聚糖酶添加量为 300 mg/kg 时, 降低幅度最大; β -葡聚糖酶对大麦 (40%) -小麦 (60%) 混合粉的糊化温度无显著影响 ($p > 0.05$)。

3.2 随着 β -葡聚糖酶添加量的增加, 混合粉生面条的硬度、咀嚼性、回复性呈下降趋势, 当添加量为 500 mg/kg 时显著降低 ($p < 0.05$); 当 β -葡聚糖酶添加量为 900 mg/kg 时, 熟面条的硬度显著降低; β -葡聚糖酶对混合粉生面条和熟面条的弹性均无显著性影响 ($p > 0.05$)。

3.3 β -葡聚糖酶的添加可明显降低混合粉面条的蒸煮损失, 使面条更具耐煮性, 改善了面条的综合品质, 当酶解时间为 20 min, β -葡聚糖酶添加量在大于 900 mg/kg 时, 改善效果显著 ($p < 0.05$); 4 °C 贮藏条件下, β -葡聚糖酶对大麦-小麦混合粉面条的褐变无明显抑制作用; 在感官评价中, 随着 β -葡聚糖酶添加量的增加, 人们对混合粉面条的感官评价提升, 说明 β -葡聚糖酶能够提高面条的口感, 使大麦面条更易于被人们接受。

参考文献

- [1] 张端莉, 桂余, 刘雄. 发芽大麦茶制备工艺及茶汤营养特性研究[J]. 食品工业科技, 2014, 35(17): 252-257, 270
ZHANG Duan-li, GUI Yu, LIU Xiong. Study on process optimization for germination barley tea and the nutrition characteristics of tea infusion [J]. Science and Technology of Food Industry, 2014, 35(17): 252-257, 270
- [2] Skendi A, Biliaderis C G, Papageorgiou M, et al. Effects of two barley β -glucan isolates on wheat flour dough and bread properties [J]. Food Chemistry, 2010, 119(3): 1159-1167
- [3] Gupta M, Bawa A S, Abughannam N. Effect of barley flour and freeze-thaw cycles on textural nutritional and functional properties of cookies [J]. Food & Bioproducts Processing, 2011, 89(4): 520-527
- [4] 陈海华, 董海洲. 大麦芽营养原麦片的研制[J]. 食品科技, 2002, 12: 28-35
CHEN Hai-hua, DONG Hai-zhou. Preparation of nutritional meal of germinate barley [J]. Food Science and Technology, 2002, 12: 28-35
- [5] 韩晶, 李宝坤, 李开雄, 等. β -葡聚糖酶的特性与应用研究[J]. 中国酿造, 2008, 17: 4-7
HAN Jing, LI Bao-kun, LI Kai-xiong, et al. Study on property and application of β -glucanase [J]. China Brewing, 2008, 17: 4-7
- [6] Carbonell J V, Sendra J M, Todo V. Kinetics of β -glucan degradation in beer by exogenous β -glucanase treatment [J]. Journal of the Institute of Brewing, 2013, 96(2): 81-84
- [7] 毕静. β -葡聚糖酶在啤酒生产中的应用研究[J]. 中国酿造, 2011, 9: 105-106
BI Jing. Application of β -glucanase in beer production [J]. China Brewing, 2011, 9: 105-106
- [8] Y Zhang, X Xu, X Zhou, et al. Overexpression of an acidic Endo- β -1,3-1,4-glucanase in transgenic maize seed for direct utilization in animal feed [J]. Plos One, 2013, 8(12): e81993
- [9] 谭会泽, 冯定远. 饲料中的 β -葡聚糖和 β -葡聚糖酶的应用[J]. 畜禽业, 2005, 3: 18-21
TAN Hui-ze, FENG Ding-yuan. Application of β -glucan and β -glucanase in feed [J]. Livestock and Poultry Industry, 2005, 3: 18-21
- [10] 陈小云, 李坚斌, 林莹, 等. β -1,3-葡聚糖酶和几丁质酶在热带水果保鲜中的应用[J]. 食品工业科技, 2008, 5: 96
CHEN Xiao-yun, LI Jian-bin, LIN Ying, et al. Application of β -1, 3-glucanase and chitinase to the preservation of tropical fruit [J]. Science and Technology of Food Industry, 2008, 5: 96
- [11] Li Z, Dong Y, Zhou X, et al. Dough properties and bread quality of wheat-barley composite flour as affected by β -glucanase [J]. Cereal Chemistry, 2014, 91(6): 631-638
- [12] 温纪平, 郭祯祥, 赵仁勇. 大麦面条的研制[J]. 郑州工程学院学报, 2003, 1: 54-57
WEN Ji-ping, GUO Zhen-xiang, ZHAO Ren-yong. Study on preparation of barley noodle [J]. Journal of Zhengzhou Institute of Technology, 2003, 1: 54-57
- [13] Choo C L, Aziz N A A. Effects of banana flour and β -glucan on the nutritional and sensory evaluation of noodles [J]. Food Chemistry, 2010, 119(1): 34-40
- [14] 王杰琼, 钱海峰, 王立, 等. 燕麦全粉对面团特性及馒头品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(3): 42-49
WANG Jie-qiong, QIAN Hai-feng, WANG Li, et al. Effect of whole-oat flour on dough properties and quality of steamed bread [J]. Food and Fermentation Industries, 2016, 42(3): 42-49

现代食品科技