

大麦粉对面团特性及薄脆饼干品质的影响

祝莹, 孙鑫娟, 赵延胜, 周兴华, 肖香

(江苏大学食品与生物工程学院, 江苏镇江 212013)

摘要: 本研究以不同比例的大麦全粉(以下简称大麦粉)替代低筋小麦粉, 研究添加 20%~80% 大麦粉对混合粉的糊化特性、面团质构特性及薄脆饼干焙烤品质的影响。结果表明, 随着大麦粉添加量的增加, 大麦-小麦混合粉的峰值粘度、谷值粘度、终值粘度、回复值及糊化温度均显著增加; 混合粉面团的硬度、回复性、胶黏性和耐咀嚼性也显著增加, 而黏附性、内聚性和弹性则显著降低。添加大麦粉后混合粉饼干的焙烤品质发生变化, 添加量越高, 饼干的亮度变暗, 膳食纤维含量越高; 随着大麦粉添加量增加饼干硬度逐渐增加, 在添加量为 60% 时达到峰值; 饼干的外形、口感、色泽和综合评分均持续降低, 当大麦粉添加量超过 60% 时, 综合评分急剧下降。因此, 大麦粉的添加有利于增加饼干中膳食纤维含量, 但不利于面团的稳定性, 而大麦麸皮的口感及其较暗的色泽是影响大麦全粉加工食品接受度的关键因素。

关键词: 大麦全粉; 面团; 饼干; 品质特性

文章编号: 1673-9078(2019)03-33-37

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2019.3.006

Influence of Barley Flour on Dough Properties and Cracker Quality

ZHU Ying, SUN Xin-juan, ZHAO Yan-sheng, ZHOU Xing-hua, XIAO Xiang

(School of Food and Biological Engineering Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

Abstract: In this study, was substituted with, and subsequently, the effects of substituting low gluten-wheat flour (20%~80%, *W/W*) with whole barley flour (hereinafter referred to as barley flour) on the gelatinization properties of mixed flour, dough textural characteristics and baking quality of crackers. The results revealed that with the increase in the amount of barley flour added, the peak viscosity, trough viscosity, final viscosity, setback value and gelatinization temperature of the barley-wheat mixed flour increased significantly, while the dough's hardness, resilience, gumminess and chewiness increasing significantly with the adhesiveness, cohesiveness and springiness decreasing significantly. The baking qualities of the mixed flour crackers changed after the addition of barley flour: The higher amount of adding barley flour, the darker the cracker and the higher the dietary fiber content; The cracker hardness increased gradually with the increase in the amount of barley flour for addition, and reached the peak value when the addition amount was 60%. The shape, mouthfeel, color and overall score all decreased continuously and the overall score dropped sharply, when the amount of barley flour added exceeded 60%. Therefore, the addition of barley flour is beneficial to increase the content of dietary fiber in crackers, but not conducive to the stability of dough, and the mouthfeel of barley bran and its dark color are still the key factors affecting the acceptance of whole barley processed foods.

Key words: whole barley flour; dough; cracker; quality characteristics

随着人类文明的进步和生活方式的改变, 以糖尿病和心脑血管疾病为代表的“富贵病”已成为全球公众最关注的健康问题之一。现代流行病学研究发现膳食中全谷物的摄入量与“富贵病”的发病率呈负相关, 全谷物食品已引起营养学界广泛关注^[1,2]。全谷物具有健康作用的重要原因是其中含有丰富的膳食纤维, 与精制谷物相比, 全谷物中膳食纤维含量可高出 80%^[3]。

收稿日期: 2018-10-15

基金项目: 国家自然科学基金青年基金项目 (31701598); 江苏高校优势学科建设工程项目; 江苏大学高级人才科研启动基金项目 (15JG065); 镇江市重点研发项目 (现代农业) (NY2017009)

作者简介: 祝莹 (1987-), 女, 博士, 讲师, 研究方向: 食品营养

通讯作者: 肖香 (1980-), 女, 博士, 副教授, 研究方向: 食品营养

大麦是全球种植的 7 大谷类作物之一, 其含有丰富的膳食纤维 (β -葡聚糖)、蛋白质、黄酮和多酚类化合物等多种活性成分, 具有抗氧化、降血糖、降血脂和降低胆固醇的功能, 是谷物食品中全价营养食品之一, 在国际范围内备受关注^[4]。

我国是大麦主要生产国之一, 但目前绝大部分大麦用于啤酒酿造和饲料工业, 用于食品加工的仅占 1%~2%^[5]。与小麦粉相比, 由于大麦蛋白不具备面筋蛋白的黏弹特性, 大麦粉很难形成具有粘弹性的面团, 而只能形成可塑的硬面团; 同时由于大麦富含 β -葡聚糖, β -葡聚糖的强吸水性和高粘性会影响面筋蛋白网络结构的形成与发展, 引起面团品质劣化, 从而限制了大麦在烘焙食品中的应用。近年来, 也有研究开始

将大麦粉加入到面包、蛋糕和面条等日常焙烤产品或其它面制品中,如以 10%~30%大麦粉添加到小麦粉中制备方便面条,结果表明大麦粉添加量 20%以下时,方便面条的感官品质可被接受,且 10%添加量时色泽、风味及口感均为最优^[6];将 10%~40%大麦粉添加到小麦粉中制备蛋糕,发现添加 20%大麦粉无论营养还是品质均为最佳^[7]。课题组前期也采用大麦粉替代高筋小麦粉制作面包,发现大麦粉添加量为 10%~20%时,面包比容降低、硬度增加、弹性减小,但整体感官品质仍可被接受;而添加过多的大麦粉(30%~60%)时,面包的焙烤品质显著降低,面包特有海绵状的纹理结构逐渐消失^[8]。而关于大麦粉对饼干焙烤品质影响的研究报道尚不多见,Gupta 等将 10%~40%的大麦粉添加到小麦粉中制作饼干,发现大麦粉添加量为 30%时饼干的质地和感官特性最佳^[9];李娟将 25%~75%的大麦粉添加到小麦粉中研究了大麦苏打饼干的制作配方及加工条件,并采用阿拉伯胶等胶类物质对大麦苏打饼干品质进行了改良^[10]。但对大麦粉添加后对混合面团加工特性及其他类型的饼干(如酥性饼干、韧性饼干和薄脆饼干)焙烤品质的影响则少有研究。

本文以大麦全粉和低筋小麦粉为原料制备面团和薄脆饼干,研究不同添加量的大麦全粉对大麦-小麦混合粉的糊化特性、面团质构特性,以及薄脆饼干质构和感官品质的影响,为进一步应用大麦开发食品新产品提供试验依据和参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料与仪器设备

1.1.1 试验材料与试剂

大麦(扬饲麦 3 号),购自盐城市双增农化科技有限公司;低筋小麦面粉(不添加任何改良剂的原粉),购自潍坊风筝面粉有限责任公司;绵白糖、油等原辅料(食品级),市售。

1.1.2 仪器与设备

TA-XT2i 型物性仪,英国 Stable Micro Systems 公司;RVA-Techmaster 快速粘度分析仪,瑞士波通仪器有限公司;YXD-60 线食品烘炉,广州市鑫南方电热设备有限公司;SZM30 搅拌机,广州旭众食品机械有限公司;HB43-S 型卤素水分快速测定仪,瑞士 Mettler Toledo 公司;UltraScan PRO 分光测色仪,美国 Hunterlab 公司。

1.2 试验方法

1.2.1 大麦全粉的制备及混合粉的配制

大麦经脱壳、清洗、烘干、磨粉,过 100 目筛即得大麦全粉(以下简称大麦粉)。将小麦粉和大麦粉按比例混合,其中大麦粉替代量分别为 0、20%、40%、60%、80%,制备成混合粉后,密封于 4℃冰箱保存,备用。

大麦粉的基本成分为:水分含量 10.70%±0.91%,灰分为 1.31%±0.09%,脂肪含量为 1.66%±0.09%,粗蛋白含量为 11.21%±0.32%,总淀粉含量为 62.94%±2.15%,β-葡聚糖含量为 5.45%±0.45%。

1.2.2 混合粉糊化特性的测定

糊化特性的测定参考 GB/T 24853-2010 方法。设置标准样品量为 4 g,标准加水量为 25 g,以 14%湿基计算实际样品量及实际加水量。

1.2.3 面团制备

称取添加不同比例大麦的大麦-小麦混合粉 150 g,同时加入 35 g 绵白糖、35 g 色拉油和 60 mL 水,放入搅拌机中慢速搅拌 5 min 至面团均匀、表面光滑即可。

1.2.4 面团质构特性的测定

取 20 g 1.2.3 制作的面团,制成直径 3 cm、厚 2 cm 的圆柱体,利用物性仪测定面团的特性。测定参数:P100 探头,测前速率、侧后速率均为 3 mm/s,测试速率为 1 mm/s,压缩距离为 1 cm,触发方式选择自动,触发力为 0.05 N。每个样品重复 5 次。

1.2.5 大麦薄脆饼干的制作

取 1.2.3 制作的面团擀至 2~3 mm 厚的面片,用模具制成直径 4 cm 的圆形面片,打孔,将制作好的面片放到烤盘上,放入烤箱中于烘烤 18 min(上下火 160℃)。

1.2.6 大麦薄脆饼干膳食纤维含量及色度的测定

大麦饼干中膳食纤维值的测定参照 GB 5009.88-2014。大麦饼干的色度通过色差计进行测定,选用 L-a-b 色彩空间,读出 L*、a*、b*的值,每组样品重复测试 3 次,取平均值。

1.2.7 大麦薄脆饼干质构特性的测定

利用 TA-XT2i 物性仪对大麦薄脆饼干的硬度进行测定。测试模型采用 TA-92 的三点力弯曲固定装置,选用 HDP/3PB 探头,设置探头测前速度、检测速度和测后速度分别为 1.0 mm/s、3.0 mm/s 和 10.0 mm/s,测试距离为 30.0 mm,触发力设定为 50 g。探头垂直挤压饼干直至断裂,饼干的硬度反映在质构图中为峰值所示的力^[11]。每组样品测定 3 次,取平均值。

1.2.8 大麦薄脆饼干的感官评定

随机选取 40 名未经专业训练的消费者作为感官

评定者,对饼干的外形、风味、口感、色泽和综合评分5个方面进行评定。评分标准采用7分制,1分表示完全不喜欢、4分表示既不讨厌也不喜欢、7分表示非常喜欢。评定结果取平均值。

1.2.9 统计处理

各组数据以 $\bar{x} \pm SD$ 表示,采用 SPSS 18.0 中 ANOVA 模块对试验数据进行方差分析。

2 结果与讨论

2.1 大麦粉对混合粉糊化特性的影响

面粉的糊化特性是反映淀粉品质的重要指标,不同比例大麦-小麦混合粉的糊化特性曲线及特征值分别如图1和表1所示。由图1和表1可知,添加大麦粉后,与小麦粉相比,混合粉的峰值粘度、谷值粘度、终值粘度均显著增高 ($p < 0.05$),说明大麦粉添加量越多,混合粉的粘度越高。前人研究表明,小米粉和马铃薯粉等添加后均会导致小麦混合粉粘度降低^[12,13],而大麦粉添加后混合粉的粘度则增高。推测其原因是由于大麦全粉中富含 β -葡聚糖,大麦中 β -葡聚糖是由 β -D-吡喃葡萄糖基分子通过形成 β -(1→3)或 β -(1→4)键组成的粘性多糖,使得 β -葡聚糖具有高粘性,因此大麦粉的添加增加了混合粉的粘度^[14]。随着大麦粉添加量的增加,混合粉的崩解值出现增加的趋势,而淀

粉的热稳定性与崩解值的大小成反比,说明大麦粉比例增加后混合粉的热稳定性减弱。同时,与小麦粉相比,混合粉的回生值显著增加(从1567.00 cp增加到1853.00 cp) ($p < 0.05$),而回生值越大,淀粉冷糊稳定性越差,是淀粉老化性质的体现,说明混合粉中的淀粉更易老化。因此,大麦粉的增加会加速混合粉中淀粉的老化,对终产品的品质和货架期有一定的影响。同时还可看出,随着大麦粉添加量的增加,混合粉的糊化温度也显著增高(从66.87 °C升高到81.00 °C),说明大麦粉加入越多,混合粉越难糊化。这主要是由于大麦中 β -葡聚糖会竞争吸收自由水,限制淀粉的膨胀和糊化,使得糊化温度升高。

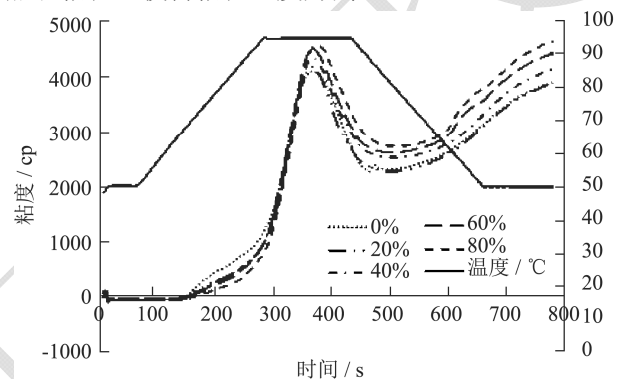


图1 大麦-小麦混合粉糊化特性曲线

Fig.1 The pasting property curves of barley- wheat mixed flour

表1 大麦-小麦混合粉的糊化特性特征值

Table 1 The pasting property parameters of barley- wheat mixed flour

| 大麦粉添加量/% | 峰值粘度/cp | 谷值粘度/cp | 崩解值/cp | 终值粘度/cp | 回生值/cp | 糊化温度/°C |
|----------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-------------------------|
| 0 | 4062.67±34.56 ^c | 2261.00±49.00 ^c | 1801.67±67.69 ^{ab} | 3828.00±70.06 ^c | 1567.00±38.11 ^b | 66.87±0.06 ^b |
| 20 | 4162.00±56.63 ^{bc} | 2263.67±77.24 ^c | 1898.33±21.01 ^a | 3860.00±75.72 ^c | 1596.33±1.53 ^b | 67.65±1.43 ^b |
| 40 | 4350.33±6.66 ^{ab} | 2477.00±50.47 ^b | 1873.33±55.47 ^{ab} | 4130.33±9.45 ^b | 1653.33±41.02 ^b | 69.38±0.03 ^b |
| 60 | 4489.67±66.16 ^a | 2614.67±18.15 ^{ab} | 1875.00±49.76 ^{ab} | 4403.00±54.95 ^a | 1788.33±36.83 ^a | 70.65±0.48 ^b |
| 80 | 4423.00±188.57 ^a | 2715.33±101.95 ^a | 1707.67±113.37 ^b | 4568.33±112.90 ^a | 1853.00±32.05 ^a | 81.00±5.20 ^a |

注:同一列中不同的小写字母表示具有显著差异 ($p < 0.05$)。

表2 大麦粉添加比例对面团特性的影响

Table 2 Effects of adding proportion of barley flour on dough properties

| 大麦粉添加量/% | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 |
|----------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| 硬度 | 133.96±12.56 ^d | 197.51±18.63 ^d | 478.21±40.38 ^c | 741.30±57.52 ^b | 1341.15±63.40 ^a |
| 黏附性 | -29.46±2.38 ^a | -44.28±5.84 ^a | -86.16±7.26 ^b | -111.76±17.98 ^{bc} | -121.90±24.86 ^c |
| 回复性 | 7.22±0.28 ^d | 8.50±0.50 ^c | 9.06±0.20 ^{bc} | 9.38±0.38 ^b | 10.92±0.65 ^a |
| 内聚性 | 0.52±0.01 ^a | 0.49±0.02 ^{ab} | 0.47±0.006 ^b | 0.42±0.01 ^c | 0.40±0.02 ^c |
| 胶黏性 | 76.53±4.93 ^d | 93.19±8.27 ^d | 222.52±24.87 ^c | 332.46±24.87 ^b | 541.16±41.68 ^a |
| 耐咀嚼性 | 30.11±3.47 ^c | 56.25±7.59 ^d | 131.46±9.01 ^c | 174.94±8.30 ^b | 271.40±16.92 ^a |
| 弹性 | 66.00±3.45 ^a | 62.44±3.60 ^{ab} | 58.18±0.73 ^{bc} | 53.41±1.49 ^{cd} | 49.01±2.24 ^d |

注:同一列中不同的小写字母表示具有显著差异 ($p < 0.05$)。

2.2 大麦粉对混合粉面团质构特性的影响

表 2 显示的是大麦粉添加对混合粉面团质构特性的影响。从表中可以看出,随着大麦粉用量的增加,面团的硬度、回复性、胶黏性和耐咀性都逐步增加 ($p<0.05$),说明大麦粉添加后面团的质地变硬。而面团的黏附性、内聚性和弹性随着大麦粉添加量的增加则显著降低 ($p<0.05$),表明混合粉中添加大麦粉会降低面团延展性,对面团的延伸性能造成了负面的影响,使面团的粘黏性渐渐丧失,致使其加工性变差。其原因可能是由于加入大麦粉降低了小麦粉中面筋蛋白的含量,增加了面团面筋的成型时间,降低了面团的稳定性,使得面团的弹性下降;还可能由于大麦粉中富含 β -葡聚糖, β -葡聚糖强大的吸水能力使面团吸收了大量的水分,阻碍了面筋网络的形成,导致面团的弹性较小^[8,15]。

2.3 大麦粉添加对薄脆饼干中膳食纤维含量

和饼干色度的影响

表 3 显示的是饼干粉中膳食纤维的含量。从表中可知大麦薄脆饼干总膳食纤维含量随大麦粉增加而显著增加(从 5.75%到 18.66%),尤其是 80%大麦粉添加量制成的饼干,其中含有的总膳食纤维量是小麦饼干中的 3.4 倍,说明向饼干中添加全大麦粉是增加膳食纤维的有效手段。饼干粉中含有的不可溶性膳食纤维随着大麦粉添加量的增加也是逐步增加,从 2.60%到 14.95%,增加了 5.75 倍。而各组饼干中可溶性膳食纤维的含量无显著变化。

表 3 大麦薄脆饼干膳食纤维的含量

Table 3 The dietary fiber content of barley crisp cookies

| 大麦粉添加量/% | 不可溶性膳食纤维/% | 可溶性膳食纤维/% | 总膳食纤维/% |
|----------|------------|-----------|------------|
| 0 | 2.60±0.26 | 3.15±0.22 | 5.75±0.87 |
| 20 | 4.43±0.34 | 4.48±0.56 | 8.91±0.45 |
| 40 | 5.12±0.32 | 4.50±0.43 | 9.61±0.92 |
| 60 | 8.65±0.96 | 4.21±0.67 | 12.86±0.28 |
| 80 | 14.95±0.12 | 3.71±0.65 | 18.66±0.90 |

表 4 显示的是大麦粉添加后对饼干色度的影响。从表中可以看出,大麦薄脆饼干的 L*值与大麦粉添加量成反比,添加量越大 L*值越小(75.22~62.64),说明随着大麦粉添加量的增加,饼干的颜色越暗。而 a*值与大麦粉添加量成正比,大麦添加量越大 a*值越大(2.57~6.95),说明随着大麦粉添加量的增加,饼干的颜色越红。b*值也与大麦粉的添加量成反比,添加

量越大,其值越低。从这三个值可以看出,随着大麦粉添加量的增加,饼干的色泽越深,这个变化主要是由于全大麦粉富含麸皮,使得大麦粉添加量越大饼干颜色越深;同时也有可能与大麦粉富含多酚类化合物有关,烘烤后导致了饼干色泽加深^[16]。

表 4 大麦薄脆饼干的色度

Table 4 The chromaticity of barley crisp cookies

| 大麦粉添加量/% | L* | a* | b* |
|----------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| 0 | 75.22±0.92 ^a | 2.57±.543 ^c | 21.34±1.19 ^a |
| 20 | 70.18±0.53 ^b | 3.81±0.21 ^b | 19.32±0.41 ^b |
| 40 | 66.61±0.58 ^c | 4.96±0.21 ^b | 18.47±0.35 ^b |
| 60 | 63.59±0.45 ^d | 6.53±0.58 ^a | 19.06±1.00 ^b |
| 80 | 62.64±0.88 ^d | 6.95±0.60 ^a | 18.89±8.28 ^b |

注:同一列中不同的小写字母表示具有显著差异 ($p<0.05$)。

2.4 大麦粉添加对饼干的质构特性的影响

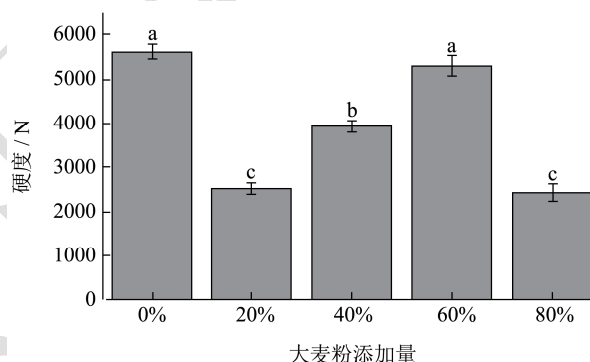


图 2 大麦粉对薄脆饼干硬度的影响

Fig.2 Effects of barley flour on the hardness of crisp cookies

图 2 显示的是大麦粉添加对饼干质构特性的影响,我们选取硬度作为评价指标。从图中可以看出大麦粉含量 0%时大麦薄脆饼干的硬度最大(5612.66 N),添加 20%的大麦粉时硬度瞬间降低(2498.28 N),而逐步增加大麦粉添加比例后大麦薄脆饼干的硬度逐渐增加,在 60%大麦粉比例时硬度达到峰值(5291.56 N),随后硬度又开始下降。究其原因,不添加大麦粉时,小麦面团中会形成致密的面筋网络结构,面团具有较强的凝聚力和弹性,使得烘烤的饼干硬度较强。添加大麦粉后硬度出现陡降,是因为添加大麦粉降低了小麦粉中的面筋蛋白相对含量,从而导致面团面筋网络的形成缓慢,稳定性降低,同时降低了面团的弹性,使得饼干结构变得疏松。而随着大麦粉添加比例的增加,面团中的膳食纤维含量(主要是 β -葡聚糖)增加,使得面团的硬度增强,烘烤的饼干硬度逐渐增加,但是大麦粉的添加使得饼干结构疏松多孔,降低了饼干的总体强度,大麦粉添加比例到达 60%以后饼

干出现明显的断面结构,使得饼干的硬度出现陡降的情况^[10]。因此,大麦粉的添加会对大麦薄脆饼干的烘焙品质造成较大影响。

2.5 大麦粉添加对薄脆饼干感官指标的影响

表5为不同比例大麦粉添加对饼干感官品质的影响。感官评定可反映饼干被消费者接受或喜爱的程度。

表5 大麦粉添加对薄脆饼干感官品质的影响

Table 5 Effects of barley flour on the sensory qualities of crisp cookies

| 评定指标 | 大麦粉添加量/% | | | | |
|------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 |
| 外形 | 6.04±0.22 ^a | 5.80±0.53 ^a | 4.60±0.23 ^{ab} | 3.75±0.15 ^b | 3.56±0.24 ^b |
| 风味 | 6.23±0.35 ^a | 6.62±0.46 ^a | 6.03±0.33 ^a | 5.61±0.44 ^{ab} | 5.34±0.33 ^{ab} |
| 口感 | 6.43±0.12 ^a | 5.76±0.23 ^{ab} | 2.56±0.15 ^b | 1.00±0.02 ^c | 1.00±0.00 ^c |
| 色泽 | 6.21±0.40 ^a | 6.22±0.18 ^a | 3.56±0.25 ^b | 1.00±0.03 ^c | 1.00±0.01 ^c |
| 综合评分 | 6.54±0.11 ^a | 5.67±0.17 ^{ab} | 4.00±0.41 ^b | 1.00±0.05 ^c | 1.00±0.03 ^c |

3 结论

添加大麦粉改变了混合粉的糊化特性和面团质构特性,随着添加量的增加,混合粉的峰值粘度、谷值粘度、终值粘度、回复值及糊化温度均显著增加;同时混合粉面团的硬度、回复性、胶黏性和耐咀嚼性也显著增加,而黏附性、内聚性和弹性则显著降低。混合粉饼干的烘焙品质发生变化,大麦粉添加量越高,饼干的色泽越深,而膳食纤维含量显著增加;添加大麦粉后饼干硬度瞬间降低,随着大麦粉添加量增加饼干硬度逐渐增加,在添加量为60%时达到峰值;饼干的外形、口感、色泽和综合评分均持续降低,当大麦粉添加量超过60%时,综合评分急剧下降。综上所述,在低筋面粉中增加大麦粉的添加量可提高人们对膳食纤维等活性成分的摄入量,从而改善机体健康,但还需解决大麦粉高添加量导致薄脆饼干烘焙品质劣化的问题,进而开发优质可口的产品。

参考文献

- [1] Lutsey P L, Jacobs D R, Kori S, et al. Whole grain intake and its cross-sectional association with obesity, insulin resistance, inflammation, diabetes and subclinical CVD: The MESA study [J]. *British Journal of Nutrition*, 2007, 98(2): 397-405
- [2] Vetrani C, Costabile G, Luongo D, et al. Effects of whole-grain cereal foods on plasma short chain fatty acid concentrations in individuals with the metabolic syndrome [J]. *Nutrition*, 2016, 32(2): 217-221

从表中可以看出,随着大麦粉添加量的增加,饼干的外形、口感、色泽和综合评分均显著降低,尤其是大麦粉添加量超过60%时,综合评分急剧下降。主要原因是大麦粉中大量麸皮的存在,导致了饼干感官品质下降,并最终造成了饼干综合评分的降低。而添加大麦粉后饼干的风味评分降低不明显,这是由于大麦烘焙后具有特殊的坚果香味,能赋予饼干特殊风味^[17]。

- [3] Okarter N, Liu R H. Health benefits of whole grain phytochemicals [J]. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2010, 50(3): 193-208
- [4] Newman R K, Newman C W. *Barley for Food and Health: Science, Technology, and Products* [M]. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2008
- [5] Yang Q, Pan X, Kong W, et al. Antioxidant activities of malt extract from barley (*Hordeum vulgare* L.) toward various oxidative stress *in vitro* and *in vivo* [J]. *Food Chemistry*, 2010, 118(1): 84-89
- [6] Hou G, Jimenez V. Development of barley-fortified instant noodles [J]. *AACC International*, 2013: 53-54
- [7] Mahesh Gupta, Singhbawa A, Duttsemwal A. Effect of barley flour incorporation on the instrumental texture of sponge cake [J]. *International Journal of Food Properties*, 2009, 12(1): 243-251
- [8] 李真,董英,於来婷,等.大麦全粉对面团特性及面包烘焙品质的影响[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
- [9] Gupta M, Bawa A S, Abu-Ghannam 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

(下转第 160 页)