

大麦全粉对面团特性及面包焙烤品质的影响

李真, 董英, 於来婷, 史腊妮

(江苏大学食品与生物工程学院, 江苏镇江 212013)

摘要: 本文以不同比例的大麦全粉(以下简称大麦粉)替代高筋小麦粉, 研究添加 10%~60% (*m/m*) 大麦粉对面团特性及面包焙烤品质的影响。结果表明, 随着大麦添加量的增加, 大麦-小麦混合粉的湿面筋含量降低, 从 36.43% (对照组) 降至 11.43% (添加 60% 大麦粉); 面团吸水率增加, 形成时间、稳定时间及 C2 (弱化值) 值显著降低, 延伸性与最大抗延伸阻力也显著下降; 面团微观结构也随之发生变化, 添加大麦粉的面团组织变得粗糙, 在 20%~60% 添加范围内, 气孔壁出现断裂, 且几乎观察不到完整的气孔结构; 对于面包品质而言, 添加大麦粉的面包比容降低、硬度增加、弹性减小、感官品质下降, 同时面包内部气孔所占面积减少、孔洞所占面积增加、面包片亮度变暗。大麦粉添加量为 10%~20% 时, 但其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。

关键词: 大麦粉; 面团; 面包; 结构; 焙烤品质

文章编号: 1673-9078(2015)4-197-202

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.4.032

Effect of Whole Barley Flour Addition on Dough Properties and Quality of Bread

LI Zhen, DONG Ying, YU Lai-ting, SHI La-ni

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

Abstract: High gluten-wheat flour (10%~60%, w/w) was substituted with whole barley flour (hereinafter referred to as barley flour), and, subsequently, the effect of the substitution on dough properties and bread quality was investigated. The results revealed that the addition of barley flour effected a corresponding decrease in the content of wet gluten in barley-wheat mixed flour from 36.43% (control) to 11.43% (with 60% barley flour). In addition, the water absorption capacity increased, while the dough development time, time for stability, C2 value (weakening value), dough extensibility, and maximum resistance significantly decreased with increase in the concentration of barley flour. Meanwhile, dough microstructures were observed to change with the addition of barley flour, displaying coarser structures. The addition of barley flour in the range of 20%~60% resulted in the breakdown of the gas chamber walls; in fact, intact gas chamber structures could hardly be found. The specific volume, springiness, and sensory quality of the bread decreased, while the hardness increased with addition of barley flour. Moreover, a decrease in the area of gas chambers, an increase in the hole area, and a decrease in slice brightness were observed. The addition of 10%~20% barley flour imparted an acceptable overall sensory quality to the bread. However, the quality of bread baking decreased significantly with addition of excess barley flour (30%~60%), with the complete disappearance of the sponge-like texture of bread.

Key words: whole barley flour; dough; bread; structure; baking quality

随着生活水平的提高和饮食结构的变化, 由于营养不平衡引起的慢性非传染性疾病 (chronic non-communicable diseases NCDs) 日益增多, 在发展中国家尤为突出^[1], 这一问题已引起国内外的广泛关注。因此, 近年来燕麦、黑麦、荞麦、玉米、大麦粉等与小麦粉搭配成为平衡小麦粉营养的有效途径^[2]。

收稿日期: 2014-08-04

基金项目: 江苏省普通高校研究生科研创新项目 (CXZZ12-0698)

作者简介: 李真 (1983-), 女, 博士研究生, 研究方向: 谷物加工与营养

通讯作者: 董英 (1954-), 女, 教授, 博士生导师, 研究方向: 食品营养与安全

大麦 (*Hordeum vulgare L.*) 营养丰富, 是谷物食品中全价营养食品之一。大麦中富含可溶性膳食纤维 (以 β -葡聚糖为主)、酚类物质、 γ -氨基丁酸、麦黄酮、大麦芽碱、尿囊素等多种生物活性成分, 具有降血糖、降血脂、改善肠道健康、预防肥胖、抗衰老、改善记忆力、抗癌等功能特性。此外, 大麦蒸煮或烘焙后还具有特别令人愉悦的坚果香味。因此, 大麦不仅赋予食品优质的风味, 其营养功能也更符合现代人们对健康的需求。

我国是大麦主要生产国之一, 资源丰富, 价格低廉, 极具开发潜力。但目前大麦资源仅有 1%~2% 应用

于食品加工,大部分用于饲料工业和啤酒工业。与小麦粉相比,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,因此限制了大麦在许多食品尤其是发酵制品中的应用。国外虽有研究者将部分大麦粉替代小麦粉制作面包,但是被消费者接受的最大添加范围存在差异,国内将其他谷物如燕麦、荞麦、高粱等替代小麦粉制作面包或馒头的研究较多,而关于不同添加比例大麦粉与小麦粉混合面团的特性及其对面包焙烤品质影响的研究报道尚不多见。

本文以大麦粉与高筋小麦面粉为原料制备面团和面包,旨在研究不同添加量的大麦粉对大麦-小麦混合面团特性及面包焙烤品质的影响,并分析其变化规律,为大麦在发酵制品中的使用提供一定的试验依据和参考,并为如何改善高含量大麦粉发酵制品品质奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验原料

大麦(扬饲麦3号,水分10.70%、灰分1.31%、粗蛋白11.21%和 β -葡聚糖5.45%),购自盐城市双增农化科技有限公司;高筋小麦面粉(不添加任何改良剂的原粉,水分13.86%、灰分0.79%、粗蛋白13.00%和 β -葡聚糖0.18%),由江苏上一道科技股份有限公司提供;安琪即发干酵母、糖、食盐、黄油等原辅料(食品级),市售。

1.2 仪器与设备

Mixolab混合实验仪,法国Chopin公司;物性仪TA-XT2i,英国Stable Micro Systems公司;S-3400N扫描电子显微镜,日本日立公司;FD-8真空冷冻干燥机,北京博医康实验仪器有限公司;C-Cell图像分析仪,英国Calibre Control International Ltd.;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;FX-14面包发酵箱,广州市鑫南方电热设备有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 大麦粉与小麦粉混合粉的配制

大麦经过脱壳,清洗,烘干,磨粉,为大麦全粉。按每100g小麦粉中分别添加10、20、30、40、50、60g大麦粉的比例配制成混合粉,以不添加大麦粉的纯小麦粉为对照组。

1.3.2 湿面筋含量测定

大麦-小麦混合粉的湿面筋含量测定参照

AACC38-12A法^[3]。每组样品重复测定3次,取平均值。

1.3.3 混合面团热机械学特性^[4]

采用Mixolab混合实验仪研究大麦粉对面团热机械学特性的影响。参照标准的‘Chopin+’协议方法测定(ICC 2008),并按照其标准程序执行。混合实验仪测定条件为:面团重量为75g、目标扭矩C1: 1.1 ± 0.05 N·m、搅拌速度80 r/min;首先30℃保温8 min,以4℃/min的速率升温至90℃保持7 min,再以4℃/min的速率降温至50℃,保持5 min。每个样品重复测定三次,取平均值。

1.3.4 面团制备

1.3.4.1 称取一定量的1.3.2混合粉,放到和面钵中,依次加入糖10%、盐1%、酵母1%、黄油4%和一定量的水(依据Mixolab混合实验仪加水量添加),搅拌成面团。

1.3.4.2 将大麦-小麦混合粉与2%的食盐混合均匀,加水 and 面,揉制成面团。

方法1.3.4.1与1.3.4.2中以纯小麦粉面团为对照组。

1.3.5 延伸特性测定^[5]

取20g 1.3.4.2面团用聚四氟乙烯材料板压制成2mm×60mm的面团条,30℃静置40 min。每批15根面团条,每组面团重复两批,测定结果取30根面团条的平均值。物性仪的探头为A/KIE,测定速度3.3 mm/s。

1.3.6 扫描电镜(SEM)分析

取1.3.4.1大麦-小麦混合面团20g,手工揉制成相同的球状,醒发40 min后(温度37℃,相对湿度85%),于-70℃速冻,经过真空冷冻干燥后,切取部分面团,70倍下观察其切面结构,分析大麦粉的添加量对面团微观结构的影响。

1.3.7 面包的制备

称取450g 1.3.4.1面团揉搓整形,放入吐司模具,于37℃、85% RH(相对湿度)下醒发80 min,入炉烘烤25 min(上、下火200℃)。

1.3.8 面包焙烤品质评价方法

1.3.8.1 比容

烘焙出炉的面包室温冷却2 h,称重,面包体积采用菜籽替代法测定。每个样品重复3次,取平均值。

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

1.3.8.2 面包的质构特性测定

烘焙出炉的面包室温冷却2 h,将面包切成厚度为25 mm薄片。采用P/50r的平底柱形探头,测前速

度 2.0 mm/s, 测试速度 1.0 mm/s, 测后速度 1.0 mm/s, 压缩 40%, 每个样品重复 3 次, 取平均值。

1.3.8.3 感官评定

面包感官评价参照 Ulzijargal 等 (2013)^[6]的方法。随机选取 54 名 (25~45 岁) 未受过训练的消费者进行感官评定。感官评定指标包括: 外观, 色泽, 风味, 口感和整体接受程度。评分标准采用 7 分制, 1、4 和 7 分别代表非常不喜欢、既讨厌也不喜欢和非常喜欢。评定结果取平均值。

1.3.8.4 数字图像分析

面包室温冷却 12 h 后, 用面包切片机切成约 12.5 mm 厚的面包片, 取样品中间部分进行实验, 利用 C-Cell 图像分析仪获取图像, 并用程序的分析软件对其进行分析。

1.3.9 数据统计分析

采用 SPSS11.0 进行数据分析与统计, 并进行单因素方差分析 (One-Way ANOVA, Tukey) 实验数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 显著性 $P < 0.05$ 。

2 结果与讨论

2.1 大麦粉对湿面筋含量与面团热机械学特性的影响

由表 1 可知, 大麦粉的添加直接影响大麦-小麦混合粉中湿面筋的含量。与对照组 (即大麦粉添加量为 0%) 相比, 大麦粉添加量为 10% 时, 湿面筋含量与对照组相比差异不显著, 而随着大麦粉添加量的增加, 混合粉中湿面筋含量呈下降趋势, 且差异显著。原因

可能是大麦粉中的蛋白很难像小麦粉形成面筋而被水洗分离, 因此不能像小麦粉形成具有粘弹性的面筋网络, 而只能形成硬面团。所以, 逐渐增加的大麦粉势必会降低面团中的面筋相对含量, 即表现为混合粉中湿面筋含量随着大麦粉的增加而减少。

Mixolab 混合实验仪可以同时测定面粉加水后恒温揉混及面团升温后蛋白质弱化和降温过程中淀粉糊化特性。Mixolab 形成时间和稳定时间反映面粉吸水后在面团搅拌过程中形成蛋白质网络结构的强度。由表 1 可以看出, 随着大麦粉的增加, 面团的吸水能力增强, 该特性与大麦粉中含有大量的膳食纤维 (以 β -葡聚糖为主) 有关, 因为 β -葡聚糖具有较强的吸水和持水能力, 可以吸取自身重量 7~9 倍的水^[7]; 大麦-小麦混合面团形成时间、稳定时间、C2 均呈现下降趋势, 说明大麦粉的添加使面团筋力减弱, 搅拌耐力下降, 面团强度减小, 大麦粉大量的添加可使面团无法形成连续的面筋网络^[8], 从而导致与面筋品质相关指标的降低。由表 2 还可知, 当受热时, C3 (代表加热阶段的粘度) 呈升高趋势, 该特性与大麦中富含 β -葡聚糖有关, 大分子 β -葡聚糖受热后能形成凝胶, 使面团的黏性增加^[9]; 与淀粉老化相关的参数 C4、C5 值则呈下降趋势, 即面团的回生指数降低, 说明大麦粉对淀粉回生有一定的抑制作用。该结果与 Wronkowska^[10] 和 Aleksandra^[11] 等的研究一致, 高膳食纤维含量的荞麦粉面包能延缓面包老化。尽管淀粉老化受多种因素影响, 但就表 1 结果而言, 推测其原因可能是大麦中的膳食纤维 (以 β -葡聚糖为主) 受热后形成凝胶, 阻碍了直链淀粉分子之间氢键的形成, 从而降低淀粉的老化速率。

表 1 大麦粉对混合粉中湿面筋含量及面团热机械学特性的影响

Table 1 Effect of barley flour on wet gluten content and dough Mixolab parameters of mixed flour

大麦粉添加量/%	湿面筋含量/%	加水量/%	形成时间/min	稳定时间/min	C2(弱化值)/Nm	C3/Nm	C4/Nm	C5/Nm
0	36.43±0.41 ^a	62.60±0.23 ^e	4.13±0.16 ^a	9.58±0.04 ^a	0.53±0.01 ^a	1.65±0.01 ^b	1.73±0.01 ^a	2.87±0.00 ^a
10	34.67±0.21 ^a	63.85±0.35 ^e	3.70±0.14 ^b	8.31±0.01 ^b	0.51±0.01 ^{ab}	1.65±0.01 ^b	1.67±0.03 ^b	2.72±0.01 ^b
20	31.77±0.47 ^b	65.55±0.35 ^d	1.52±0.06 ^c	8.12±0.09 ^{bc}	0.48±0.01 ^{bc}	1.70±0.03 ^{ab}	1.63±0.01 ^{bc}	2.58±0.02 ^c
30	29.80±0.46 ^b	67.00±0.50 ^d	1.24±0.12 ^{cd}	7.60±0.25 ^c	0.47±0.01 ^{bc}	1.77±0.03 ^{ab}	1.60±0.04 ^c	2.54±0.05 ^c
40	23.67±0.76 ^c	69.00±0.57 ^c	1.04±0.08 ^d	6.98±0.14 ^d	0.46±0.01 ^{cd}	1.80±0.03 ^a	1.55±0.01 ^d	2.24±0.04 ^d
50	19.93±1.11 ^d	71.55±0.50 ^b	1.03±0.06 ^d	4.81±0.20 ^e	0.43±0.01 ^d	1.81±0.04 ^a	1.53±0.01 ^d	2.14±0.04 ^{de}
60	11.43±1.20 ^e	73.10±0.42 ^a	1.01±0.06 ^d	2.65±0.14 ^f	0.42±0.01 ^d	1.81±0.04 ^a	1.43±0.01 ^e	2.04±0.03 ^e

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 大麦粉对混合面团延伸特性的影响

面团延伸特性主要包括面团的延伸性 (extensibility, EX) 和最大抗延伸阻力 (maximum

resistance, MR)^[12]。由图 1 可以看出, 大麦的添加对面团的延伸性能影响较大, 并且随着添加量的增大, 面团的延伸性能明显降低。说明大麦粉对面团的延伸性能产生不利的影响, 该结果与 Mixolab 参数和微观

结构变化相吻合。究其原因,一方面添加大麦粉使小麦粉中的面筋蛋白相对含量减少,影响了面团面筋网络的形成与稳定,从而降低了面团的拉伸弹性;另一方面大麦粉中富含的膳食纤维(β -葡聚糖),其较强的吸水能力(如表 1)不仅使面团吸收大量水分,同时也阻碍了面团面筋网络的形成,导致面筋韧性变小^[13]。

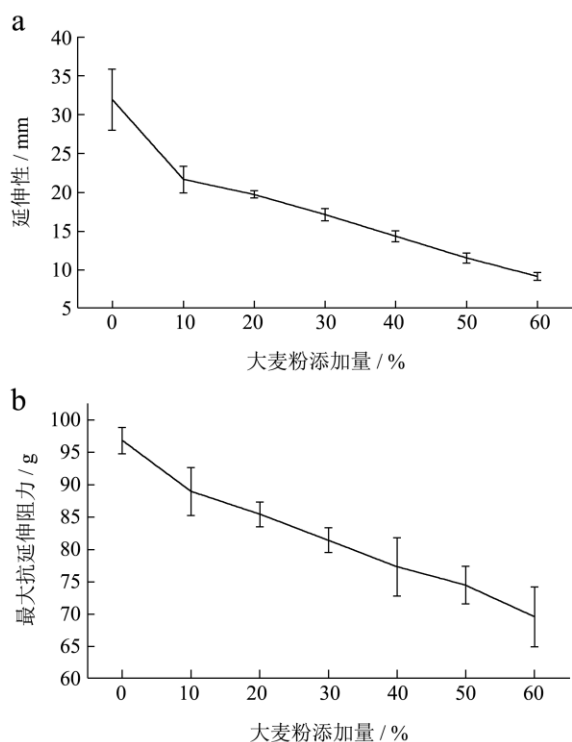


图 1 大麦粉对面团延伸特性的影响

Fig.1 Effect of barley flour on dough extension properties

2.3 大麦粉对混合粉面团微观结构的影响

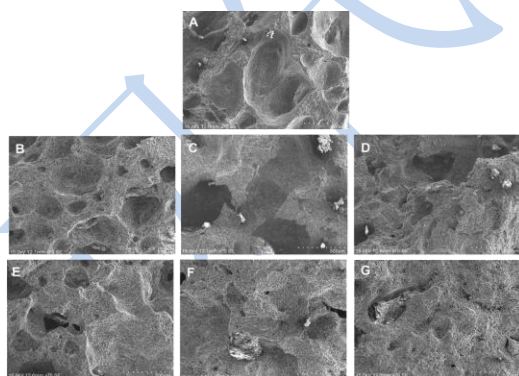


图 2 不同添加量大麦粉面团的电镜照片

Fig.2 SEM micrographs of the dough with different added concentrations of barley flour

注:添加水平: A 0%; B 10%; C 20%; D 30%; E 40%; F 50%; G 60%。

对不同含量的大麦-小麦粉混合面团的扫描电镜分析结果如图 2 所示。不难看出,纯小麦面团能明显

观察到连续完整的气孔,气孔壁细腻光滑(A图)。随着大麦粉的添加和添加量变化,面团结构发生明显的变化。当大麦添加量为 10% 时,可看到完整、连续的气孔(B图);当添加量提高为 20%,虽然还可观察到气孔结构,但气孔壁已有破裂,互相贯通,形成大而不规则的孔洞(C图);大麦添加量大于 20% 时,面筋结构受到严重破坏,面团结构变得紧实,孔洞塌陷,几乎观察不到完整的气孔结构(D、E、F、G图)。气孔是面包拥有柔软的海绵状结构的必要条件,面包的最终品质很大程度上取决于发酵面团的气孔数量、均匀度及稳定性^[14]。高含量的大麦粉破坏了面团的组织结构,其原因是大麦粉本身缺少能形成面筋结构的蛋白,因此不能像小麦面粉一样形成具有粘弹性的面筋结构,所以当大量的大麦粉替代小麦粉时,导致混合粉面团的面筋含量降低(如表 1 所示),不能形成连续的三维面筋网络结构,不仅使面团发酵时失去膨发力,也不能保持酵母发酵产生的气孔结构,导致面团及面包组织结构紧实而缺乏弹性与柔软性。

2.4 大麦粉对混合粉面包品质的影响

2.4.1 大麦粉对混合粉面包比容的影响

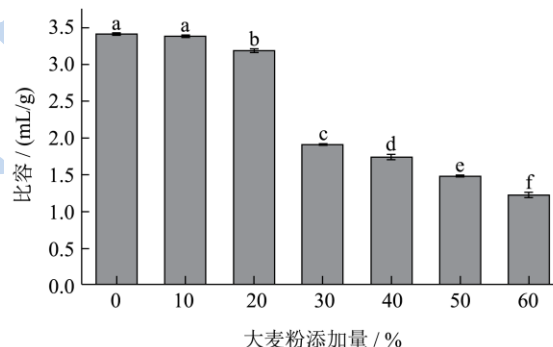


图 3 大麦粉对面包比容的影响

Fig.3 Effect of barley flour on the specific volume of bread

注:不同的小写字母表示具有显著差异(P<0.05)。

由图 3 可知,随着大麦添加量的增加,面包比容呈下降趋势。10% 大麦-小麦混合粉面包的比容(3.38 mL/g)较纯小麦面包比容(3.41 mL/g)相差无几,添加量增加到 20%,面包比容略有下降;当大麦添加量 30% 以上时,混合面包的比容随大麦添加量的增加而显著降低。这种弱化作用不仅与大麦粉自身无法形成面筋蛋白有关,也与大麦粉中富含的 β -葡聚糖有关,在前期试验中,已发现添加 β -葡聚糖酶对富含大麦粉的面包有明显的改善作用,从而反映出大麦中的 β -葡聚糖也是降低面包比容等面包品质的因素之一。

2.4.2 大麦粉对混合粉面包质构特性的影响

硬度与弹性对面包的综合评分影响很大,硬度一

般与面包品质呈负相关,弹性则与面包品质呈正相关。对于消费者而言,面包的体积、面包芯组织结构及其柔软程度十分重要。新鲜大麦-小麦混合粉面包的硬度和弹性变化如图4所示。随着大麦添加量的增加,面包的硬度呈上升趋势,大麦添加量在0%~20%范围内,上升趋势较缓慢,且添加10%大麦粉的面包与纯小麦面包硬度无显著差异,当添加量大于20%,面包硬度略有增加;同时,面包的弹性呈下降趋势。分析原因可能是:由于随着大麦粉添加量的增加,湿面筋含量降低(表1),导致面团中形成连续的三维网络结构的面筋蛋白减少,因此面团醒发时,面团不能较好的保持气体而形成了粘弹性低的硬面团,致使面团硬度增加,弹性降低。

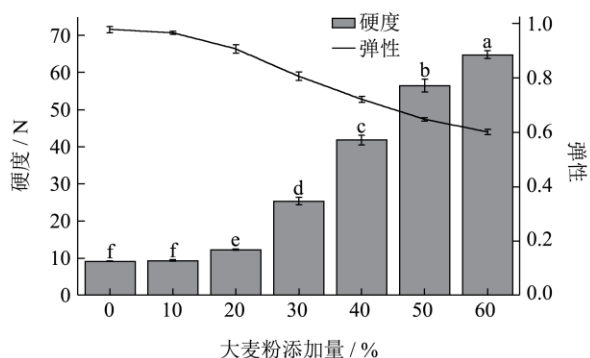


图4 大麦对面包硬度和弹性的影响

Fig.4 Effect of barley flour on the hardness and springiness of bread

注: 不同的小写字母表示具有显著差异 (P<0.05)。

表3 大麦粉对面包内部纹理结构的影响

Table 3 Effect of barley flour on the crumb structure (digital image analysis) of bread

大麦粉添加量/%	面包片周长/mm	切片亮度	气孔所占面积/%	气孔直径/mm	孔洞所占面积/%
0	497.84±1.76 ^a	107.47±0.15 ^a	52.37±0.12 ^a	2.69±0.06 ^a	0.31±0.14 ^b
10	480.83±2.23 ^b	101.83±0.45 ^b	49.47±0.15 ^b	2.03±0.04 ^b	0.43±0.18 ^b
20	466.13±0.61 ^c	91.13±0.12 ^c	49.03±0.21 ^b	2.08±0.08 ^b	0.54±0.19 ^b
30	438.20±2.30 ^d	84.68±0.21 ^d	46.63±0.31 ^c	1.81±0.05 ^c	0.55±0.20 ^b
40	425.60±1.98 ^e	78.63±0.38 ^e	44.43±0.35 ^d	1.54±0.06 ^d	1.94±0.65 ^a
50	364.63±3.02 ^f	73.93±0.38 ^f	44.77±0.31 ^d	1.43±0.03 ^{de}	1.98±0.66 ^a
60	342.16±1.99 ^e	68.07±0.49 ^e	43.33±0.06 ^e	1.38±0.02 ^e	2.58±0.15 ^a

注: 同一列中不同的小写字母表示具有显著差异 (P<0.05)。

海绵状的内部纹理结构是发酵面制品特有属性,是评价发酵类面制品品质优劣的重要性指标之一^[17]。利用 C-Cell 图像分析仪扫描面包切片,并应用计算机图像视觉技术分析面包的内部纹理结构,可获得相对准确且客观的数据及图像信息^[18],结合感官评定指标能更直观的研究大麦粉添加量对面包品质的影响。由表3可知,随着大麦粉添加量的增加,面包片周长明

2.4.3 大麦粉对混合粉面包感官指标的影响

感官评定反映了面包被消费者接受或喜爱程度。由面包的感官评定(表2)分析可知,10%添加量的面包整体外观较好,面包的品质、结构和口感都较符合要求,各项感官评分与纯小麦面包相比无显著性差异,较受人们喜欢,并且风味优于纯小麦面包,因为大麦烘焙后具有特殊的坚果香味,因此能赋予面包特殊的风味^[15]。但是添加量为20%时面包感官品质下降,并且30%~60%添加范围的面包感官品质显著降低。其主要原因首先应与大麦-小麦混合粉中湿面筋含量降低(表1)相关,没有足够的面筋蛋白形成蓬松、多孔、细腻的面包结构,其次是大麦粉中大量麸皮的存在,也会导致面包感官品质下降^[16],即使风味还可以被接受,但是整体接受程度过低。

表2 大麦粉对面包感官品质的影响

Table 2 Effect of barley flour on the sensory qualities of bread

评定指标	大麦添加量/%						
	0	10	20	30	40	50	60
外观/分	6.00	6.00	5.30	1.00	1.00	1.00	1.00
色泽/分	6.00	5.70	4.00	2.00	1.00	1.00	1.00
风味/分	5.80	6.20	6.00	5.55	5.45	5.40	5.40
口感/分	6.00	5.90	4.30	1.00	1.00	1.00	1.00
总体接受程度/分	6.00	6.10	4.50	2.00	1.00	1.00	1.00

2.4.4 大麦粉对混合粉面包内部纹理结构的影响

显减小,与面包体积减小一致;纯小麦粉面包的面包芯亮度值最高,而随着大麦粉添加量的增加,面包芯亮度值逐渐减小,且差异显著,该变化主要由于全大麦富含的麸皮使大麦粉颜色加深所致,也有研究表明与大麦富含多酚类物质有关,其导致烘烤食品褐变^[19]。此外,对于 C-Cell 图像亮度来说,还与面包体积有关,面包体积越大,亮度值越大^[17-18];随着大麦粉

添加量的增加,气孔数量和气孔直径均下降,而大孔洞的数量显著增加,这与面团微观结果相符。有文献报道气孔直径越小面包结构越细腻,但过小则内部结构过于紧密和紧实^[17];由图5气孔图像可见,纯小麦粉面包蓬松而均匀的气孔结构较多,大麦粉的添加减少了气孔的数量,且添加40%~60%大麦粉使其气孔连成一片形成大孔洞(气孔图像中红色轮廓的部分),或者紧实细密的小气孔(气孔越小蓝色越深,气孔越大蓝色越浅)的孔壁破裂,也会产生面积较大的孔洞(如表3和图5气孔图像所示)。

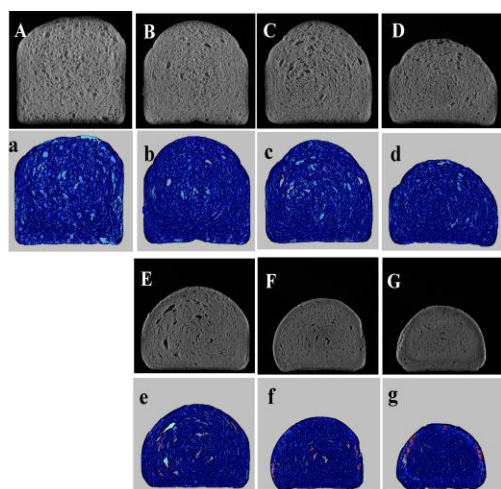


图5 不同添加量大麦粉面包切片原始图像(A~G)和气孔图像(a~g)

Fig.5 Raw (A~G) and cell (a~g) images of bread with different added concentrations of barley flour

注:添加水平:A(a)0%;B(b)10%;C(c)20%;D(d)30%;E(e)40%;F(f)50%;G(g)60%。

3 结论

大麦粉的添加使混合粉中湿面筋的相对含量下降,面团吸水率增高、形成时间与稳定时间缩短、面团筋力变差等,同时面团的延伸性也急剧降低;大麦粉的添加量与面团的粗糙程度、气孔壁破裂、孔洞塌陷及面团紧实程度等呈正相关。添加10%大麦粉对面包的焙烤品质无显著影响,添加20%时面包品质虽略有下降,但可被接受;而添加30%及以上的大麦粉对面包的品质的影响十分显著,且其影响程度与大麦粉的添加量呈正比;此外,大麦粉的添加使面包内部的纹理结构变差,与感官品质结果相符,说明C-Cell图像分析技术可以客观准确的评价面包的品质。大麦粉对混合粉面团特性和面包品质的影响主要是由于大麦粉中缺少能够形成三维筋网络结构的蛋白质,同时还与大麦中富含的 β -葡聚糖有关,因此大麦粉添加量与面包的感官品质及内部纹理结构呈反比。增加大麦

粉的添加量可提高人们对膳食纤维等功能活性成分的摄入量,有利于消费者的营养平衡与健康。因此,研究攻克添加30%以上大麦粉造成面包感官品质劣化的问题,对开发优质可口的大麦面包十分重要。

参考文献

- [1] Muluneh A T, Haileamlak A, Tessema F, et al. Population based survey of chronic non-communicable diseases at gilgel gibe field research center [J]. Southwest Ethiopia Ethiopian Journal of Health Sciences, 2012, 12: 7-17
- [2] Škrbić B, Milovac S, Dodig D, et al. Effects of hull-less barley flour and flakes on bread nutritional composition and sensory properties [J]. Food Chemistry, 2009, 115(3): 982-988
- [3] AACC Method 38-12A. Wet gluten, dry gluten, water-binding capacity, and gluten index [S]
- [4] Ivana S, Marijana S, Anamarija M, et al. Assessment of antioxidant activity and rheological properties of wheat and buckwheat milling fractions [J]. Journal of Cereal Science, 2011, 54: 347-353
- [5] Selinheimo E, Kruus K, Bucher J, et al. Effects of laccase, xylanase and their combination on the rheological properties of wheat doughs [J]. Journal of Cereal Science, 2006, 43: 152-159
- [6] Ulziijargal E, Yang J H, Lin L Y, et al. Quality of bread supplemented with mushroom mycelia [J]. Food Chemistry, 2013, 138: 70-76
- [7] 陈玲,丁文平,曹银.液体大麦精在面包烘焙中的应用[J].中国粮油学报,2009,24(7):18-22
CHEN Ling, DING Wen-ping, CAN Yin. Application of malt extract in bread baking [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2009, 24(7): 18-22
- [8] 王晓艳,王宏兹,黄卫宁,等.高膳食纤维面团热机械学及面包的烘焙特性[J].食品科学,2011,32(13):78-83
WANG Xiao-yan, WANG Hong-zi, HUANG Wei-ning, et al. Termomechanical and baking characteristics of high dietary fiber dough [J]. Food Science, 2011, 32(13): 78-83
- [9] Saara P, Leila K, Laura F, et al. Enrichment of biscuits and juice with oat β -glucan enhances postprandial satiety [J]. Appetite, 2014, 75(1): 150-156
- [10] Wronkowska M, Haros M, Soral-Śmietana M. Effect of starch substitution by buckwheat flour on gluten-free bread quality [J]. Food and Bioprocess Technology, 2013, 6(7): 1820-1827
- [11] Aleksandra T, Mirosław H C, Tamara D. Rheological, textural

- and sensory properties of gluten-free bread formulations based on rice and buckwheat flour [J]. *Food Hydrocolloids*, 2010, 24: 626-632
- [12] 黎金,张国权.添加荞麦多肽粉对面团流变学特性的影响[J]. 现代食品科技, 2010, 26(1):38-42.
LI Jin, ZHANG Guo-quan. Effect of buckwheat peptides on dough rheological properties [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2010, 26(1): 38-42
- [13] Lebesi D M, Tzia C. Effect of the addition of different dietary fiber and edible cereal bran sources on the baking and sensory characteristics of cupcakes [J]. *Food and Bioprocess Technology*, 2011, 4: 710-722
- [14] Cristina P M, Robert J H, Harmen H J. Surface layer properties of dough liquor components: are they key parameters in gas retention in bread dough? [J]. *Food Biophysics*, 2006, 1(2): 83-93
- [15] Byung-Kee B, Steven E U. Barley for food: characteristics, improvement, and renewed interest [J]. *Journal of Cereal Science*, 2008, 48: 233-242
- [16] 李应彪.麦麸膳食纤维在面包中的应用研究[J].现代食品科技,2006,22(1):97-99
LI Ying-biao. Application of diet fibre from wheat bran in bread [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2006, 22(1): 97-107
- [17] 孙辉,Shuping Yan, F MacRitchie.利用图像分析技术评价发酵面食品质的研究[J].河南工业大学学报(自然科学版),2011,4(32):59-62
SUN Hui, Shuping Yan, F MacRitchie. Study on the quality evaluation of fermented wheaten food by image analyzing technology [J]. *Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition)*, 2011, 4(32): 59-62
- [18] Laura A J, Mark A, Elke K. Baking properties and microstructure of pseudo cereal flours in gluten-free bread formulations [J]. *European Food Research and Technology*, 2010, 230: 437-445
- [19] Holtekj den A K, B vre AB, R dbotten M, et al. Antioxidant properties and sensory profiles of breads containing barley flour [J]. *Food Chemistry*, 2008, 110(2): 414-421