

燕麦超微全粉对馒头品质的影响

程晶晶, 王 军, 金茜雅, 曹 娜

(许昌学院食品与生物工程学院, 河南许昌 461000)

摘要:为研究燕麦超微全粉对馒头品质的影响,采用超微粉碎技术制备燕麦超微全粉,然后以不同比例的燕麦超微全粉替代小麦粉制作馒头,并采用感官评价、质构分析和图像分析的方法对馒头品质进行评价。结果表明,燕麦全粉经过超微粉碎处理后平均粒径 D_{50} 为 $17.05 \mu\text{m}$,达到超微粉级别。燕麦全粉馒头口感得到改善,本实验条件下(添加量 20% 以内)没有明显粗糙感觉。燕麦超微全粉的添加使主要感官指标得分均降低。馒头的硬度和咀嚼性显著增加 ($p < 0.05$),硬度和咀嚼性与感官评价总分呈极显著相关 ($p < 0.01$)。图像分析指标除气孔延长度外均差异显著 ($p < 0.05$),均与感官评价总分呈极显著相关 ($p < 0.01$)。研究表明燕麦超微全粉对馒头感官品质、质构特性及内部纹理结构均具有较大影响,燕麦超微全粉的添加量最高以 10% 为宜。

关键词:燕麦,超微全粉,馒头,质构分析,图像分析

Effect of superfine grinded whole oat powder on quality of steamed bread

CHENG Jing-jing, WANG Jun, JIN Xi-ya, CAO Na

(College of Food and Bioengineering, Xuchang University, Xuchang 461000, China)

Abstract: In order to investigate the effect of superfine grinded whole oat powder on quality of steamed bread, superfine grinded whole oat powder was obtained by superfine grinding technology. Wheat flour was substituted with superfine grinded whole oat powder and the steamed bread made of oat was evaluated by sensory evaluation, texture analysis and image analysis. The results revealed that: the average particle size of superfine grinded whole oat powder was $17.05 \mu\text{m}$ and the micro powder could be called superfine powder. When the content of superfine grinded whole oat powder was no more than 20%, the steamed bread made of oat tasted no longer rough. The score of main indexes of the sensory quality was decreased because of the addition of oat flour. The hardness and chewiness of steamed bread was increased significantly ($p < 0.05$). The hardness and chewiness were closely associated with sensory score ($p < 0.01$). Except cell elongation, all internal texture relevant parameters changed significantly ($p < 0.05$) and were all closely associated with sensory score ($p < 0.01$). The superfine grinded whole oat powder could influence the quality of steamed bread made of oat powder significantly. The optimum content of whole oat powder was 10%.

Key words: oat; superfine grinded whole powder; steamed bread; texture analysis; image analysis

中图分类号: TS255.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2017)01-0116-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2017.01.014

燕麦 (*Avena sativa* L.) 是禾本科燕麦属草本植物,含有丰富的蛋白质、脂肪、碳水化合物、钙、磷、铁、维生素 B₁、维生素 B₂、尼克酸等营养成分,特别是 β -葡聚糖含量在所有谷物中最高,具有极高的营养价值以及降血脂、降血糖、改善肠道功能等生理功效,现已成为一种倍受消费者关注的谷物食品^[1-2]。燕麦食品以燕麦片为主,目前市场上也出现了速溶燕麦纤维粉、全燕麦饼干等产品,但由于燕麦膳食纤维含量高,这些产品存在粗糙、适口性差等问题^[3]。

为充分利用燕麦营养成分,采用超微粉碎、超声加工、超高压处理、挤压膨化等新技术对燕麦进行处理,改善燕麦食用品质,使产品具有更优的可口性和消化吸收性已成为研究热点。超微粉碎是利用机械或流体动力的方法克服固体内部凝聚力使之破碎,

从而将 3 mm 以上的物料颗粒粉碎到 10~25 μm 以下的操作技术^[4-6]。超微细粉末是超微粉碎的最终产品,具有一般颗粒所没有的特殊理化性质,如良好的溶解性、分散性、吸附性、化学反应活性等。因此,超微细粉末已广泛应用于食品、化工、医药、化妆品、农药、染料、涂料、电子及航空航天等许多领域^[7]。

馒头主要以小麦粉、发酵剂和水为原料制成,是我国的传统主食,占面食消费总量的 30% 以上,每年的消费量在 1200 万 t 以上^[8]。随着生活水平的提高,人们对馒头品质提出了更高的要求,燕麦馒头以其独特的营养价值将具有广阔的市场前景。因此,本文以燕麦和小麦粉为原料,首先采用超微粉碎技术制备燕麦超微全粉,用燕麦超微全粉替换部分面粉制作馒头,并采用感官评价、质构分析和图像分

收稿日期: 2016-07-28

作者简介: 程晶晶 (1982-), 女, 博士, 讲师, 研究方向: 农产品加工, E-mail: wangjun780301@126.com。

基金项目: 河南省高等学校重点科研项目 (17A210029); 2016 年许昌市科技发展计划项目 (329)。

表1 燕麦馒头感官评分标准

Table 1 Criteria of sensory evaluation of steamed bread made of oat

项目	满分	评分标准
比容	比容 sv	25- (2.8-sv) /0.08
	体积/质量(mL/g)	
外观	扩展比(宽/高)	5分 1.51~1.60 4分 1.61~1.70 3分 1.71~1.80 2分 1.81~1.90 1分 1.91~2.00
	表皮光泽	高分给予很光亮的表皮
色泽	表皮状况	高分给予表皮光滑、没有起皱、塌陷、小麻点、气泡或烫斑的表皮
	表皮颜色	高分给予很自然,颜色均一的皮
	瓤颜色	高分给予很自然,颜色均一的瓤
	组织结构	高分给予内部组织均匀,气孔小而均匀,孔壁薄,无大孔洞,细腻的馒头瓤
气味和滋味	弹性	高分给予手指按压复原性好,有咬劲的馒头瓤
	黏性	高分给予不粘牙的馒头瓤
	气味	高分给予具有发酵面制品的清香,没有酸味或其他怪味的馒头瓤
	滋味	高分给予没有异味,口感较好的馒头瓤

析的方法对馒头品质进行评价,为燕麦馒头的开发提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

燕麦 购于胖东来生活广场;小麦粉(蛋白质含量13%) 河南湖雪食品有限公司;高活性干酵母安琪酵母股份有限公司。

NLD-6DI型振动式超微粉碎机 济南纳力德超微粉碎技术有限公司;SALD-301V型激光粒度仪 日本岛津公司;TMS-PRO型质构仪 美国FTC公司;C-Cell型图像分析仪 英国Calibre Control International公司;MT-75S02型馒头机 山东九阳股份有限公司;JYL-C022E型料理机 山东九阳股份有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 超微全粉制备 采用九阳料理机对燕麦粒进行粗粉碎,每次打粉时间15 s,每次间隔2 min,粉碎时间45 s。将燕麦粗粉进行热风干燥(热风温度60℃),干燥至水分含量6%以下^[9]。将粗粉放入超微粉碎机中进行超微粉碎,每次投样量600 g,温度设为5℃,粉碎时间为20 min^[10]。

1.2.2 超微全粉粒径分析 通过激光粒度仪对制得的粉体进行粒度测定。取适量粉体置于容器内,分散剂为蒸馏水,分散粉体使用超声波。 D_n (μm)表示有占总重量n%的颗粒粒径小于该数值,平均粒径取 D_{50} 。

1.2.3 配粉 分别用5%、10%、15%和20%的超微全粉替代相应比例的小麦粉,混合均匀。以不加超微全粉的小麦粉作为对照。

1.2.4 馒头的制作及感官评价 馒头制作:和面(面粉150 g、酵母1.5 g、水90 g),面团发酵(30℃、相对湿度70%、45 min),搓圆整形,醒发(37℃、相对湿度90%、30 min),蒸制(冷水下锅,30 min),冷却(60 min),得馒头成品。将冷却后的馒头称质量,用油菜籽排空法测量体积,计算比容,由经过训练的10人组成品尝小组,对馒头品质进行感官评价。馒头

感官评分标准参照GB/T 21118-2007,并进行了部分修改,见表1。

1.2.5 馒头质构分析 取出蒸好的馒头于室温下冷却1 h,切成3 cm×3 cm×2.5 cm大小的长方体测定馒头的质构。仪器参数设定在TPA模式下,前速率:30.00 mm/min;中速率:30.00 mm/min;后速率:30.00 mm/min;压缩比:50%;间隔时间:5 s;起始力:0.5 N;重复3次,取平均值。

1.2.6 数字图像分析 取出蒸好的馒头于室温下冷却2 h,切片,厚度约为13 mm,取中间的两个馒头片进行实验。C-Cell测试按照仪器说明书进行,将样品放置在样品盒中,注意每次都要放置在相同的位置。启动程序获取图像,利用程序中的图像分析软件对其进行分析。

1.3 数据分析

采用SPSS 11.0进行数据分析与统计,实验数据以均值±标准差表示,并进行单因素方差分析(One-Way ANOVA), $p < 0.05$ 则认为有统计学显著差异。

2 结果与分析

2.1 燕麦超微全粉粒径分析

在食品的感官评价中,对食品中颗粒或异物的感知主要由口腔来完成,口腔对颗粒粒度的感知阈约为50 μm ^[11-12]。因此,如果能将燕麦粉的粒度减小到50 μm 左右,将有助于改善燕麦食品的口感。经测定,所得燕麦超微全粉平均粒径 D_{50} 为17.05 μm ,达到超微粉级别,其粒径分布见图1。图1显示粉体粒径主要分布于10~50 μm ,粒度比较均匀,并且90%以上的粉体粒径都小于口腔对颗粒粒度的感知阈50 μm 。通过感官评价表明燕麦超微全粉馒头口感得到改善,本实验条件下(添加量20%以内)没有明显粗糙感觉。

2.2 燕麦超微全粉对馒头感官品质的影响

燕麦超微全粉对馒头感官品质的影响结果见表2。由表2可知,燕麦超微全粉添加量为5%和10%时,与对照相比,各项感官指标及总分差异不显著($p > 0.05$);添加量继续增加,除比容和黏性外,各指

表2 燕麦超微全粉对馒头感官品质的影响

Table 2 Effect of superfine grinded whole oat powder on the sensory quality of steamed bread

添加量 (%)	比容	外观	色泽	组织结构	弹韧性	黏性	气味和滋味	总分
0	13.19 ± 0.69 ^a	12.17 ± 1.04 ^{ab}	9.17 ± 0.76 ^{ab}	9.33 ± 1.15 ^a	8.00 ± 0.00 ^{ab}	9.33 ± 1.15 ^a	18.67 ± 1.53 ^a	79.86 ± 5.20 ^a
5	13.13 ± 1.13 ^a	13.33 ± 0.58 ^a	9.67 ± 0.58 ^a	8.33 ± 0.58 ^a	8.67 ± 1.15 ^a	8.00 ± 1.00 ^a	17.33 ± 1.15 ^a	78.46 ± 1.16 ^a
10	13.19 ± 0.56 ^a	11.17 ± 1.04 ^{bc}	9.00 ± 1.73 ^{ab}	8.17 ± 0.29 ^a	9.00 ± 1.73 ^a	8.50 ± 0.50 ^a	17.33 ± 2.31 ^a	76.36 ± 5.90 ^{ab}
15	13.61 ± 0.29 ^a	9.83 ± 0.76 ^c	6.83 ± 1.26 ^{bc}	6.33 ± 0.58 ^b	7.00 ± 1.00 ^{ab}	8.00 ± 2.00 ^a	16.00 ± 2.00 ^{ab}	70.94 ± 5.69 ^{bc}
20	13.46 ± 0.31 ^a	9.83 ± 0.76 ^c	6.00 ± 1.73 ^c	6.00 ± 0.00 ^b	6.00 ± 1.00 ^b	7.33 ± 1.53 ^a	14.17 ± 0.76 ^b	62.79 ± 5.51 ^c

注:表中同一列数据不同上标字母代表显著性差异($p < 0.05$),表3、表4同。

表3 燕麦超微全粉对馒头质构的影响

Table 3 Effect of superfine grinded whole oat powder on the texture of steamed bread

添加量 (%)	硬度(N)	粘附性(mJ)	内聚性	弹性	咀嚼性(N)	回复性
0	7.77 ± 0.75 ^d	0.22 ± 0.05 ^{bc}	0.71 ± 0.04 ^b	0.83 ± 0.03 ^b	4.54 ± 0.32 ^d	0.41 ± 0.04 ^{bc}
5	12.90 ± 0.96 ^c	0.43 ± 0.05 ^a	0.72 ± 0.02 ^b	0.85 ± 0.01 ^{ab}	7.92 ± 0.48 ^c	0.40 ± 0.02 ^c
10	12.57 ± 0.21 ^c	0.23 ± 0.09 ^{bc}	0.77 ± 0.04 ^a	0.85 ± 0.02 ^{ab}	8.19 ± 0.44 ^c	0.44 ± 0.02 ^{abc}
15	17.07 ± 1.36 ^b	0.16 ± 0.05 ^c	0.74 ± 0.01 ^{ab}	0.84 ± 0.01 ^{ab}	10.56 ± 0.70 ^b	0.45 ± 0.01 ^a
20	21.87 ± 1.84 ^a	0.28 ± 0.03 ^b	0.72 ± 0.01 ^b	0.87 ± 0.01 ^a	13.69 ± 1.09 ^a	0.45 ± 0.01 ^{ab}

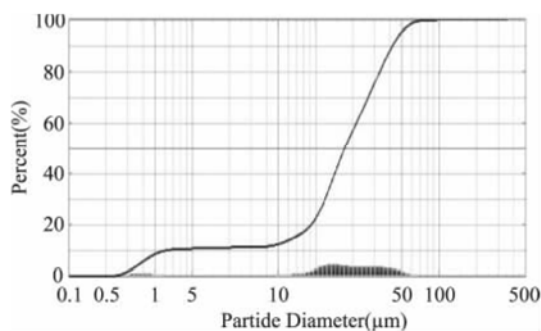


图1 燕麦超微全粉粒径分布
Fig.1 Particle size distribution of superfine grinded whole oat powder

标得分及总分则显著降低。馒头的扩展比、组织结构和弹韧性等品质主要受到面粉中面筋蛋白含量的影响。面筋蛋白在面团制作过程中可形成包裹淀粉及其它成分的网络基质,并在发酵过程中保持气体,形成细小而均匀的气孔结构,对馒头等发酵面制品的品质至关重要^[13]。燕麦超微全粉的添加降低了面粉中面筋蛋白的含量,馒头的内部结构变差,外观及弹韧性得分均降低。另外,燕麦全粉包含麸皮部分,而燕麦麸皮中富含酚类物质^[14],燕麦全粉的添加使混合粉具有较深的色泽,导致色泽得分降低。黏性得分降低,但差异不显著。馒头粘牙一般是由于蒸制时间不够,或者和面时加水过多,面团过软引起,可以通过调整工艺进行改善^[15]。王杰琼等^[16]研究了燕麦粉对馒头品质的影响,发现随着燕麦粉替代率的增加,馒头的比容呈显著下降的趋势,这与本文的研究结果有所差异,可能是因为燕麦的粉碎方法不一样所致,表明超微粉碎技术有助于改善燕麦全粉馒头的品质。实验结果表明制作馒头时,燕麦超微全粉的添加量最高以10%为宜。

2.3 燕麦超微全粉对馒头质构的影响

燕麦超微全粉对馒头质构的影响结果见表3。由表3可知,随着燕麦全粉添加量的增加,馒头的硬

度显著增加。在TPA分析中,硬度表示第一次压缩时探头受到的最大阻力,能够反映品尝实验中口腔对食物硬度的感觉,与馒头感官评分相关性较高^[13]。结合表2的结果也可以发现质构分析中硬度越大,感官评价总分越低。粘附性未表现出明显的变化规律,内聚性先增加后降低,这与张焕新^[13]等的研究结果不一致,这可能是因为原料不一样,另外,本文中燕麦超微全粉添加量较低所致。随着燕麦全粉添加量的增加,与对照相比,馒头的弹性和回复性逐渐增加,这与表2中弹韧性评分的变化趋势不一致,表明在馒头TPA测试中所得到的弹性和回复性不能简单等同于感官评定中的弹韧性^[17]。咀嚼性数值上为硬度、内聚性和弹性的乘积,因此与硬度的变化规律基本一致。

2.4 燕麦超微全粉对馒头内部纹理结构的影响

由英国 Calibre Control International 公司研发的 C-Cell 图像分析仪是一种对面包、馒头和其他发酵产品进行质量控制的系统,通过对样品切片图像进行处理和分析,得到关于样品的形态大小、气孔结构和特性等大量信息,能够对发酵面制品的内部纹理结构进行较全面的评价^[18]。本研究采用 C-Cell 图像分析仪对燕麦馒头内部纹理结构进行分析,并参照文献[19],选取9个代表性特征参数对气孔结构进行评价,结果见表4。由表4可知,燕麦超微全粉添加量为5%和10%时,与对照相比,馒头气孔结构各项指标除切片亮度、气孔数量和气孔直径外均差异不显著;添加量继续增加,除气孔延长度外,各指标均差异显著,这与感官评价总分的变化规律一致,表明所选择的主要指标与感官评分具有较好的相关性,可以用来评价馒头品质。

切片亮度是指在切片内像素的平均灰度值(0~255)。表4的结果表明,随着燕麦全粉添加量的增加,馒头瓢部颜色加深,样品的亮度值会降低;另外,随着气孔直径、粗细气孔比和粗气孔体积的增加,具有大或深的气孔的样品由于会产生较大的阴

表4 燕麦超微全粉对馒头内部纹理结构的影响

Table 4 Effect of superfine grinded whole oat powder on the internal texture of steamed bread

添加量 (%)	切片亮度	气孔对比度	气孔数量	壁厚 (px)	气孔直径 (px)	粗细气孔比	粗气孔体积 (px)	气孔延长度	气孔密度 (个/px)
0	145.20 ± 1.08 ^a	0.817 ± 0.005 ^a	3477 ± 15 ^b	2.60 ± 0.03 ^b	8.14 ± 0.21 ^c	0.089 ± 0.023 ^b	4.40 ± 0.19 ^c	1.51 ± 0.03 ^{ab}	0.022 ± 0.001 ^{ab}
5	143.95 ± 1.04 ^a	0.819 ± 0.016 ^a	3913 ± 189 ^a	2.60 ± 0.10 ^b	7.30 ± 0.52 ^d	0.075 ± 0.020 ^b	3.86 ± 0.51 ^c	1.55 ± 0.01 ^a	0.024 ± 0.002 ^a
10	135.38 ± 0.52 ^b	0.812 ± 0.009 ^a	3458 ± 255 ^b	2.67 ± 0.11 ^b	8.36 ± 0.58 ^c	0.087 ± 0.014 ^b	4.53 ± 0.35 ^c	1.55 ± 0.04 ^a	0.021 ± 0.002 ^b
15	119.38 ± 0.56 ^d	0.765 ± 0.014 ^b	2403 ± 68 ^c	2.88 ± 0.10 ^a	9.59 ± 0.24 ^b	0.127 ± 0.026 ^a	6.20 ± 0.23 ^b	1.50 ± 0.02 ^b	0.018 ± 0.001 ^c
20	124.30 ± 0.55 ^c	0.756 ± 0.005 ^b	2379 ± 34 ^c	2.95 ± 0.09 ^a	11.30 ± 0.63 ^a	0.130 ± 0.019 ^a	7.47 ± 0.68 ^a	1.51 ± 0.02 ^{ab}	0.016 ± 0.001 ^c

注:px 表示像素,1 个像素约为 0.147 mm。

表5 质构分析指标与感官评价总分的相关性分析

Table 5 Correlation of the texture and the sensory quality

质构指标	硬度	粘附性	内聚性	弹性	咀嚼性	回复性	总分
硬度	1						-0.791 ^{**}
粘附性	-0.044	1					0.229
内聚性	0.076	-0.267	1				-0.041
弹性	0.585 [*]	0.146	0.149	1			-0.330
咀嚼性	0.994 ^{**}	-0.058	0.077	0.631 [*]	1		-0.788 ^{**}
回复性	0.766 ^{**}	-0.609 [*]	0.484	0.251	0.542 [*]	1	-0.531 [*]

注:* 和** 分别表示 0.05 和 0.01 水平上的相关,表 6 同。

表6 内部纹理分析指标与感官评价总分的相关性分析

Table 6 Correlation of the internal texture (digital image analysis) and the sensory quality

内部纹理分析指标	切片亮度	气孔对比度	气孔数量	壁厚	气孔直径	粗细气孔比	粗气孔体积	气孔延长度	气孔密度	总分
切片亮度	1									0.794 ^{**}
气孔对比度	0.934 ^{**}	1								0.809 ^{**}
气孔数量	0.925 ^{**}	0.936 ^{**}	1							0.823 ^{**}
壁厚	-0.886 ^{**}	-0.900 ^{**}	-0.968 ^{**}	1						-0.853 ^{**}
气孔直径	-0.805 ^{**}	-0.879 ^{**}	-0.928 ^{**}	0.948 ^{**}	1					-0.786 ^{**}
粗细气孔比	-0.708 ^{**}	-0.823 ^{**}	-0.801 ^{**}	0.734 ^{**}	0.817 ^{**}	1				-0.668 ^{**}
粗气孔体积	-0.872 ^{**}	-0.950 ^{**}	-0.956 ^{**}	0.951 ^{**}	0.977 ^{**}	0.860 ^{**}	1			-0.820 ^{**}
气孔延长度	0.587 [*]	0.687 ^{**}	0.664 ^{**}	-0.529 [*]	-0.575 [*]	-0.788 ^{**}	-0.632 [*]	1		0.449
气孔密度	0.854 ^{**}	0.888 ^{**}	0.963 ^{**}	-0.972 ^{**}	-0.975 ^{**}	-0.792 ^{**}	-0.960 ^{**}	0.600 [*]	1	0.824 ^{**}

影,亮度值也会降低。气孔对比度是气孔的平均亮度和气孔壁的平均亮度的比值,对比度高表明气孔浅、孔壁薄、产品光泽度好。由表 4 可知,随着气孔壁厚和气孔直径的增加,大气孔增加,气孔对比度也随之降低。燕麦全粉的添加降低了面筋蛋白含量,面团的持气性变差,气孔数量和气孔密度降低,同时气孔壁厚逐渐增加,气孔壁厚增加会导致馒头的硬度增加,这与表 3 中硬度的变化规律一致。气孔延长度是指气孔与样品最长的轴线相平行的长度与其垂直方向宽度的比值,一般可以用来表征气孔的形状,值越接近于 1 表明气孔越趋于圆形。结果表明燕麦全粉对馒头的气孔形状影响不大。

2.5 相关性分析

对质构分析指标及内部纹理分析指标与感官评价总分的相关性进行了分析,结果见表 5 和表 6。由表 5 可知,质构分析指标中硬度和咀嚼性与感官评价总分均呈极显著负相关,回复性则为显著负相关,三个指标均可用于燕麦全粉馒头的品质评价,这与孙辉等^[7]的研究结果一致。另外,咀嚼性由硬度计

算得到,表 5 也显示咀嚼性与硬度的相关性接近于 1,因此,最终选择与总分相关性更高的硬度和回复性作为燕麦全粉馒头质构分析指标。C-Cell 图像分析仪可以得到馒头内部纹理结构的 34 个特征参数,相关性分析是对这些参数进行筛选的重要方法^[10]。由表 6 可知,除气孔延长度外,其他指标与感官评价总分均呈极显著相关,其中切片亮度、气孔对比度、气孔数量和气孔密度为正相关,壁厚、气孔直径、粗细气孔比和粗气孔体积则为负相关,这 8 个指标均可用于燕麦全粉馒头内部纹理结构的评价。

3 结论

经过超微粉碎处理,燕麦全粉平均粒径 D_{50} 为 17.05 μm ,达到超微粉级别。通过感官评价表明燕麦超微全粉馒头口感受到改善,本实现条件下(添加量 20% 以内)没有明显粗糙感觉。燕麦超微全粉的添加降低了面粉中面筋蛋白的含量,馒头的内部结构变差,外观、色泽、弹韧性及气味和滋味得分均降低,比容和黏性无显著变化。结果表明制作馒头时,燕麦超微全粉的添加量最高以 10% 为宜。

燕麦全粉的添加使馒头的硬度和咀嚼性显著增加。粘附性未表现出明显的变化规律,内聚性先增加后降低,弹性和回复性逐渐增加。燕麦超微全粉添加量达到15%时,与对照相比,切片亮度、气孔对比度、气孔数量和气孔密度降低;壁厚、气孔直径、粗细气孔比和粗气孔体积增加。气孔延长度无明显变化。研究表明,C-Cell图像分析法可以对馒头的内部结构进行定量描述,对馒头品质的评价更加准确、客观。

相关性分析表明,硬度和回复性可以作为燕麦全粉馒头质构分析指标。切片亮度、气孔对比度、气孔数量、气孔密度、壁厚、气孔直径、粗细气孔比和粗气孔体积均可用于燕麦全粉馒头内部纹理结构的评价。

参考文献

- [1]郭丽娜,钟葵,佟立涛,等.燕麦片加工过程中营养品质及加工特性变化[J].中国粮油学报,2015,30(1):39-43.
- [2]陈东方,师俊玲,胡新中.纤维素酶水解处理提高燕麦全粉中总多酚含量与抗氧化活性[J].食品科学,2016,37(1):56-62.
- [3]路威,耿然,王明空.燕麦品质及其食品开发研究进展[J].农产品加工,2015,(8):52-55.
- [4]Martinez B F, Lopez S M, Sanmartin M E, et al. Effects of high energy milling on some functional properties of Jicama starch and Cassava starch [J]. Journal of Food Engineering, 2007, 78(4): 1212-1220.
- [5]Zhao X Y, Yang A B, Gai G S, et al. Effect of superfine grinding on properties of ginger powder [J]. Journal of Food Engineering, 2009, 91(2): 217-222.
- [6]Liu T Y, Ma Y, Yu S F, et al. The effect of ball-milling treatment on structure and porosity of maize starch granule [J]. Innovative Food & Emerging Technologies, 2011, 12(4): 586-593.
- [7]郭武汉,关二旗,卞科.超微粉碎技术应用研究进展[J].粮食与饲料工业,2015,(5):38-40.
- [8]彭辉.杂粮馒头的感官品质研究[J].中国粮油学报,2012,27(8):16-19.
- [9]程晶晶,王军,肖付刚.超微粉碎对红小豆全粉物化特性的影响[J].粮油食品科技,2016,24(3):13-16.
- [10]王军,程晶晶,李杰.振动式超微粉碎对紫薯全粉物化特性的影响[J].粮食与饲料工业,2016,(4):19-21,26.
- [11]李文钊,史宗义,高瑞飞,等.玉米粉粒度对小麦玉米混和粉馒头品质影响[J].食品工业科技,2015,36(6):126-130.
- [12]田兰兰,高贵珍,赵亮,等.不同麸粉粒度及添加量对馒头品质和营养组分的影响[J].食品工业科技,2015,36(17):96-99,103.
- [13]张焕新,张伟,徐春仲.糯小麦粉添加量对配粉流变学特性及馒头品质的影响[J].食品科学,2014,35(3):80-84.
- [14]武娇,任祎,孙希平,等.微波辅助提取燕麦总酚及其抗氧化能力评价[J].中国农学通报,2015,31(7):229-234.
- [15]黄宜新.浅析影响馒头品质的主要因素[J].西部粮油科技,2003,(5):13-17.
- [16]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.
- [17]孙辉,姜薇莉,田晓红,等.利用物性测试仪分析小麦粉馒头品质[J].中国粮油学报,2005,20(6):121-125.
- [18]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):197-202,300.
- [19]方秀丽,孙辉,曹颖君,等.利用图像分析仪评价馒头品质的研究[J].中国粮油学报,2013,28(6):90-95.
- [10]李淑珍,李进,杨志江,等.大孔树脂分离纯化黑果枸杞总黄酮的研究[J].食品科学,2009,30(1):19-24.
- [11]李春阳,许时婴,王璋.香草醛-盐酸法测定葡萄籽、梗中原花青素含量的研究[J].食品科学,2004(02):157-161.
- [12]杨志娟,曾真,吴晓萍.火龙果皮原花青素提取纯化及定性分析[J].食品科学,2015(02):75-79.
- [13]马乐,韩军歧,张润光,等.大孔吸附树脂在植物多酚分离纯化中的应用现状[J].食品工业科技,2015,24(12):364-368.
- [14]梁敏,何丽娜,董新荣,等.大孔树脂分离纯化葡萄籽原花青素的研究[J].化学工程师,2015,3:65-69.
- [15]柯春林,孙兰萍,张斌,等.石榴皮原花青素的纯化工艺及其抗李斯特菌活性研究[J].应用化工,2014,43(2):261-264.
- [16]梁华正,刘成佐,唐伯辰,等.太空莲叶原花青素的提取及分离纯化[J].食品科技,2014,39(1):198-203.
- [17]邓羽中,颜永刚.多指标综合评价优选大血藤酚酸类化合物的提取工艺[J].中国实验方剂学杂志,2011,17(13):12-14.
- [18]石光波,杨素芝,李正娟,等.大孔树脂分离纯化文冠果落果总黄酮的工艺研究[J].食品工业科技,2016,8:252-256.
- [19]王谨慧,靳子明,李茂星.大孔吸附树脂富集纯化桃儿七中的鬼臼毒素[J].中成药,2016,38(1):212-215.
- [20]陈亚,梁琪,张炎.沙枣果总黄酮的纯化工艺及抗氧化性研究[J].食品研究与开发,2016,37(6):120-125.
- [21]毛水春.中药大血藤 *Sargentodoxa cuneata* 抗癌活性成分的分离与鉴定[D].青岛:中国海洋大学,2003.

(上接第115页)

量比较[J].植物研究,2006,26(3):342-348.

[9]王建权,李奎永.大血藤总黄酮分离纯化工艺研究[J].新中医,2016,48(4):275-277.

[10]陈茹茹,刘正君,唐俊峰.大血藤化学成分提取方法和药理作用的研究进展[J].海峡药学,2014,26(5):3-5.

[11]Nishizuka T, Fujita Y, Sato Y, et al. Procyanidins are potent inhibitors of LOX-1: a new player in the French Paradox [J]. Proceedings of the Japan Academy. Series B, Physical and Biological Sciences, 2011, 87(3): 104-108.

[12]张慧文,张玉,马超美.原花青素的研究进展[J].食品科学,2015,36(5):296-304.

[13]李彦,李鑫,梁宗锁,等.鸡血藤原花青素的纯化及活性评价[J].食品科学,2016(网络预发表).

[14]Li H B, Wong C C, Cheng K W, et al. Antioxidant properties *in vitro* and total phenolic contents in methanol extracts from medicinal plants [J]. LWT - Food Sci Technol, 2008, 41(3): 385-390.

[15]李淑珍,李进,杨志江,等.大孔树脂分离纯化黑果枸杞总黄酮的研究[J].食品科学,2009,30(1):19-24.

[16]李春阳,许时婴,王璋.香草醛-盐酸法测定葡萄籽、梗中原花青素含量的研究[J].食品科学,2004(02):157-161.

[17]杨志娟,曾真,吴晓萍.火龙果皮原花青素提取纯化及定