

麦麸酚基木聚糖对发酵面团特性和馒头品质的影响

王晓曦, 范玲, 马森^{*}, 王瑞, 陈成

(河南工业大学 粮油食品学院, 郑州, 450001)

摘 要: 为了提高麦麸的附加值、馒头的品质以及增强馒头的营养价值, 该试验以小麦粉为原料, 采用 2 个分子量的麦麸酚基木聚糖 (820、581 kD), 研究不同添加量 (0.25%、0.5%、1.0%、2.0%) 对发酵面团特性以及馒头品质的影响。结果表明: 随着麦麸酚基木聚糖添加量的增加, 发酵面团的弹性模量、质子密度 A_{22} 先增加后下降, 黏性模量、质子密度 A_{23} 增加, 弛豫时间 T_{22} 下降; 馒头的亮度下降, 红度和黄度增加, 比容、黏聚性、回复性先增加后下降, 硬度、咀嚼性先下降后上升, 黏附性下降, 馒头的感官得分先上升后下降。高分子量的麦麸酚基木聚糖, 其发酵面团的弹性模量和黏性模量变幅较大, 弛豫时间 T_{22} 、 T_{23} 较大、质子密度 A_{21} 较小, 低分子量的麦麸酚基木聚糖, 其馒头比容和弹性较大, 但馒头硬度和咀嚼性相对也较大。麦麸酚基木聚糖添加量在 0.5% 时, 对发酵面团以及馒头品质改善效果最好。添加量在 1.0% 内, 发酵面团特性以及馒头品质均可接受。高分子量的酚基木聚糖对发酵面团以及馒头品质改善效果高于低分子量的酚基木聚糖。研究结果为麦麸酚基木聚糖广泛应用于馒头中, 提高馒头品质及营养价值提供理论依据。

关键词: 品质调控; 水分; 发酵; 麦麸; 酚基木聚糖; 发酵面团; 黏弹性

doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2015.17.040

中图分类号: TS213.2

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2015)-17-0302-06

王晓曦, 范玲, 马森, 王瑞, 陈成. 麦麸酚基木聚糖对发酵面团特性和馒头品质的影响[J]. 农业工程学报, 2015, 31(17): 302-307. doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2015.17.040 <http://www.tcsae.org>

Wang Xiaoxi, Fan Ling, Ma Sen, Wang Rui, Chen Cheng. Effects of phenolic xylans from wheat bran on fermented dough properties and qualities of steamed bread[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2015, 31(17): 302-307. (in Chinese with English abstract) doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2015.17.040 <http://www.tcsae.org>

0 引 言

麦麸资源丰富且营养含量较高, 但在中国主要做饲料用, 附加值并不高。麦麸中约含 46% 的酚基木聚糖, 对机体有良好的生理功能^[1]。酚基木聚糖由吡喃木糖以 β -1,4 糖苷键连接而成, 其侧链取代基主要为 α -L-阿拉伯呋喃糖、 α -D-葡萄糖醛酸、阿魏酸衍生物、4-甲基醚衍生物和乙酰基^[2]。酚基木聚糖能有效地降低慢性疾病的发病率^[3-4]。同时, 酚酸是天然的抗氧化剂, 可通过自由基清除体系来防止油脂和蛋白的氧化, 从而发挥体外抗炎、抗癌的效果^[5-6]。酚基木聚糖由于其独特的物理化学特性^[7]一直是研究的热点。

酚基木聚糖高吸水性、持水性、黏度特性以及较好的氧化交联特性使其对面粉以及面制品有着较大的影响。添加酚基木聚糖能增加面团吸水率、增强面团网络结构, 改善面团流变学特性^[8], 另外, 添加酚基木聚糖能增大面包体积, 改善面包内部结构, 有效缓解面包的老

化程度。Cleemput 等^[9]研究发现木聚糖的组分和结构会影响面团的形成时间和烘烤吸收率, 烘烤吸收率随木聚糖的增加而降低, 形成最佳面团的时间随木聚糖含量的增加而降低, 这与 Shogren 等^[10]研究相矛盾, 后者认为蛋白质含量一定时, 木聚糖含量与烘烤吸收率呈正相关, 与混合时间呈负相关。由此看来, 木聚糖对面团品质与烘烤特性的影响表现出双重性, 其作用结构与木聚糖组成、结构、添加量以及基本面粉的特性有关, 但对于不同分子量的木聚糖对发酵面团及馒头的影响很少有研究。

本文通过超声波处理使麦麸酚基木聚糖降解, 得到 2 种不同分子量的酚基木聚糖, 研究这 2 种酚基木聚糖及其添加量对发酵面团动态流变学特性和水分状态以及对馒头色泽、质构和感官质量的影响。以期了解不同分子量和添加量的酚基木聚糖与发酵面团特性以及馒头的关系, 从而开发一种天然、安全的馒头品质改良剂和营养强化剂, 同时为提高麦麸附加值提供新途径。

1 材料与方法

1.1 材料

小麦麸皮 (水分 14.4%, 灰分 6.66%, 脂类 4.4%, 蛋白质 15.3%, 淀粉 10.13%, 总糖 59.24%), 中鹤面粉厂; 金苑特一粉 (水分 14.0%, 灰分 0.41%, 蛋白质 13.0%, 淀粉 70.21%, 吸水率 56.3%), 郑州金苑面业有限公司; 酵母, 安琪酵母有限公司; 氢氧化钠, 天津市科密欧化学试剂有限公司; 盐酸, 洛阳昊华化学试剂有限公司;

收稿日期: 2015-06-02 修订日期: 2015-08-19

基金项目: 国家自然科学基金项目(31301594, 31271815); “十二五”国家科技支撑计划课题(2012BAD34B01); 河南工业大学河南省省属高校基本科研业务费专项资金项目(2014YWQQ02); 河南省科技成果转化计划(农业领域)项目(142201110030)

作者简介: 王晓曦, 男, 内蒙古锡盟人, 教授, 谷物化学与品质。郑州 河南工业大学粮油食品学院, 450001。Email: wangxiaoxiaoh@126.com

*通信作者: 马森, 男, 河南郑州, 讲师, 博士, 谷物化学与品质。郑州 河南工业大学粮油食品学院, 450001。Email: branch2007@126.com

无水乙醇, 天津市天力化学试剂有限公司。

1.2 仪器与设备

超声波细胞粉碎机 (LCD 型, 宁波新芝生物科技股份有限公司); 电热恒温振荡水槽 (DKZ-2 型, 上海精宏实验设备有限公司); 低速大容量多管离心机 (LXJ-11B 型, 上海安宁科学仪器); 冷冻干燥机 (LGJ-10C 型, 北京四环科学仪器厂有限公司); 哈克流变仪 (RS 型, 德国赛默飞世尔科技有限公司); 核磁共振变温分析系统 (VTMR20-010V-T 型, 上海纽迈电子科技有限公司); 针式和面机 (JHMZ-200 型, 北京东孚久恒仪器技术有限公司); 实验面条机 (JMTD-168/140 型, 北京东孚久恒仪器技术有限公司); 醒发箱 (JXFD-7 型, 北京东孚久恒仪器技术有限公司); 色彩色差计 (SMY2000 型, 北京盛名扬科技发展有限公司); 质构仪 (A-XT2i 型, 德国 Stable Micro System 公司)。

1.3 试验方法

1.3.1 酚基木聚糖制备

参照范玲等^[1]方法制备酚基木聚糖。麦麸经冷水反复冲洗烘干, 粉碎。麦麸粉末与 2%NaOH 溶液混合 (质量体积比 1:15,), 超声 (100 W) 处理 30 min 后, 55 ℃ 水浴下降解 2 h, 悬浊液离心取上清液 I, 用盐酸中和, 其后离心取上清液 II, 用 2.0% 中性蛋白酶对上清液 II 降解 4 h, 沸水浴 15 min 灭酶, 离心取上清液 III, 用 2 倍体积的无水乙醇对上清液 III 4 ℃ 醇沉过夜, 离心得沉淀, 沉淀溶于水后经膜 (截留分子量 3000 D) 纯化浓缩得酚基木聚糖溶液即高分子量酚基木聚糖 (HPX, 分子量 820 kD), 一部分酚基木聚糖溶液经超声 (360 W, 30 min) 降解得低分子量酚基木聚糖 (LPX, 分子量 581 kD), 酚基木聚糖溶液冷冻干燥。将冷冻干燥的样品粉碎, 按比例 0.25%、0.5%、1.0%、2.0% 添加到面粉中混合均匀 (以酚基木聚糖干基添加), 见下表 1。

表 1 面粉中添加的麦麸酚基木聚糖种类和添加量

Table 1 Adding different types and addition level of phenolic xylans to flour

样品编号 Samples no.	高分子量酚基 木聚糖添加量 Addition level of HPX /%	样品编号 Samples no.	低分子量酚基 木聚糖添加量 Addition level LPX /%
HPX0.25	0.25	LPX0.25	0.25
HPX0.5	0.5	LPX0.5	0.5
HPX1.0	1	LPX1.0	1
HPX2.0	2	PX2.0	2

1.3.2 馒头制备

取 210 g 混粉 (按 14% 湿基), 加入含 2.1 g 酵母的水 (按 78% 的吸水率), 和面 4 min, 压片 8~10 次, 分成 3 份, 每份约 100 g, 揉混成型。将制作好的面团醒发 40 min, 待测。将醒发好的面团蒸煮 20 min 后取出, 冷却 60 min, 待测。

1.3.3 动态流变学检测

采用振荡模式下的频率扫描对发酵面团进行动态流变学检测, 测得发酵面团的弹性模量 G' (Pa) 和黏性模量 G'' (Pa)。将样品放置在两板之间, 压制至 1 mm 后

刮去多余的面团。平板直径为 35 mm, 应变 0.1%, 温度 25 ℃, 频率 0.1~10 Hz。

1.3.4 低场核磁共振 (NMR) 检测

利用 Carr-Purcell-Meiboom-Gill (CPMG) 脉冲序列测定样品的横向弛豫时间 (T_2)。CPMG 序列参数: 场强 0.5 T, 频率 20.989 MHz, 采样点数 TD=83 224, 回波时间 DL1=0.1 ms, 回波个数 NECH=2 000, 重复扫描次数 NS=8, 利用 T₂Fit 软件拟合得出自旋-自旋弛豫时间 T_2 值, 表明发酵面团体系中水的运动。

1.3.5 馒头比容和色泽

馒头的比容 $\lambda(\text{mL/g})=V/m$, 式中 m 为馒头的质量, g; 馒头体积 V , mL, 用油菜籽置换法测得。利用切片机将馒头切成 15 mm 厚度的馒头片, 采用色彩色差计对馒头样品内部的色泽进行测量。其中 L^* 代表亮度, a^* 代表红绿值, b^* 代表黄蓝值。每个样品测量 5 次, 取平均值。

1.3.6 馒头质构

取馒头中间厚度为 15 mm 的馒头片。使用 P/35R 圆柱形探头进行测量, 测量参数为: 测前速度 3 mm/s, 测后速度 1 mm/s, 测中速度 1 mm/s, 压缩比为 50%, 重复压迫每 5 s 1 次。

1.3.7 馒头感官评价

馒头的评价方法参考 GB/T 21118-2007。评价标准如下: 比容 (0~20 分), 外观形状 (0~15 分), 色泽 (0~10 分), 结构 (0~15 分), 弹韧性 (0~20 分), 黏性 (0~15 分), 气味 (0~5 分)。

1.4 数据分析

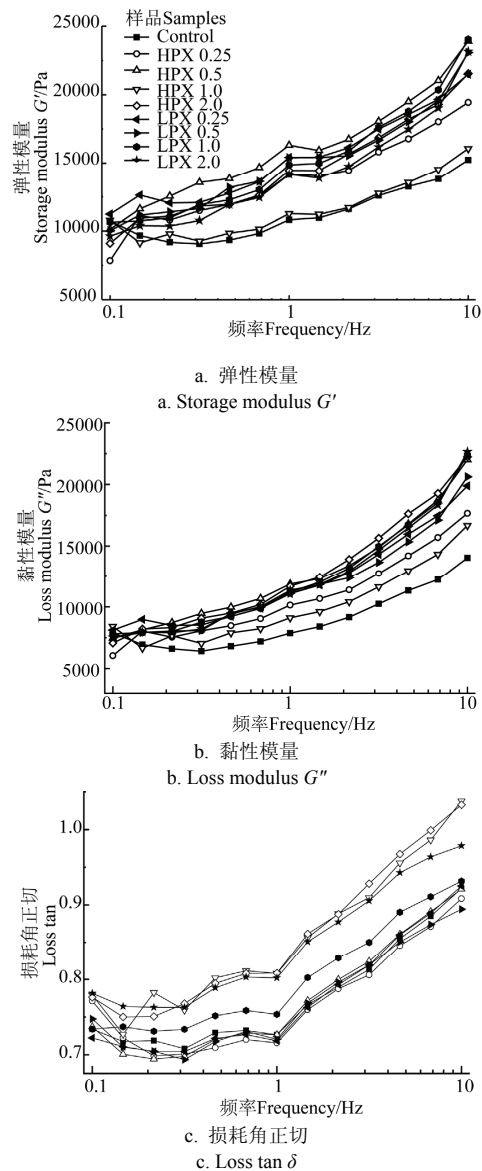
采用 SPSS16.0 软件对试验数据进行分析, 利用 Origin8.5 软件作图。

2 结果与分析

2.1 麦麸酚基木聚糖对发酵面团黏弹性的影响

弹性模量和黏性模量是研究面团流变性的 2 个最基本参数。损耗角正切 $\tan\delta$ 为黏性模量与弹性模量之比, 可描述面团弹性特征的减少量或黏性特征的增加量^[12]。损耗角正切 $\tan\delta>1$ 表示物质趋向于液体, 损耗角正切 $\tan\delta<1$ 表示物质趋向于凝胶和固体, 损耗角正切 $\tan\delta$ 越小, 物质组分中高聚物含量就越多。

由图 1 可知, 麦麸酚基木聚糖的添加增加了发酵面团的弹性模量和黏性模量。弹性模量图中, 随着麦麸酚基木聚糖的添加量增加, 弹性模量是先增加后减小然后再增加。黏性模量图中, 随着麦麸酚基木聚糖的添加量增加, 黏性模量呈增加趋势。损耗角正切图中, 随着麦麸酚基木聚糖的添加量增加, 损耗角正切先下降后上升。其中麦麸酚基木聚糖添加量在 0.5% 时, 发酵面团的弹性模量最大。添加高分子量麦麸酚基木聚糖的发酵面团的弹性模量 G' 、黏性模量 G'' 与损耗角正切的变幅较大。酚基木聚糖具有氧化交联特性, 酚基木聚糖与蛋白质的共价粘合可以产生高分子量的化合物, 在水溶液中表现为黏度增加, 在面团中表现为面团流变学改变。



注：LPX 为低分子量酚基木聚糖；HPX 为高分子量酚基木聚糖；LPX 与 HPX 后跟的数值为添加百分数。下同。
Note: LPX is low molecular weight phenolic xylenes, HPX is higher molecular weight phenolic xylenes; Value followed by LPX and HPX were the fraction of additive amount. The same as below.
图 1 麦麸酚基木聚糖对发酵面团弹性模量 G' 、黏性模量 G'' 与损耗角 $\tan \delta$ 的影响

Fig.1 Effect of phenolic xylenes from wheat bran on storage modulus G' , loss modulus G'' and loss $\tan \delta$ of fermented dough

因此，添加一定量的酚基木聚糖可促进木聚糖与蛋白之间和木聚糖与木聚糖之间通过阿魏酸连接作用^[13]，增强面筋的弹性，从而增强发酵面团的弹性模量。酚基木聚糖的高黏度特性使面团的黏性模量增加。但当酚基木聚糖添加过量时，木聚糖分子会阻碍面筋蛋白凝聚^[14]。高分子量的酚基木聚糖对阻碍面筋蛋白凝聚的这种现象更为显著。

2.2 麦麸酚基木聚糖对发酵面团水分特性的影响

面团的形成过程是面粉颗粒水合形成具有黏弹性的均一稳定体系。利用 CPMG 脉冲序列对发酵面团进行扫描，拟合得到自旋-自旋弛豫时间 T_{21} 、 T_{22} 和 T_{23} ($T_{21} < T_{22} < T_{23}$)，同时得到它们对应的质子密度 A_{21} 、 A_{22} 和 A_{23} 。 T_{21} 代表深层结合水，是水与蛋白质连接的弛豫时间。 T_{22} 代表半结合水，是水与淀粉和木聚糖连接的弛豫时间。 T_{23} 表示自由水，是水与蛋白质和淀粉之间分配交换的弛豫时间^[15]。 T_2 越小表示水分结合越紧密，面团持水性越好。质子密度是测定面团中水分状态的一个重要指标，与水质量成正比^[16]。

由表 2 可知，随着麦麸酚基木聚糖添加量的增加，弛豫时间 T_{22} 显著下降 ($P < 0.01$)，质子密度 A_{22} 先增加后下降、 A_{23} 显著增加 ($P < 0.01$)，其他无规则变化 ($P > 0.05$)。低分子量的酚基木聚糖的发酵面团的弛豫时间 T_{22} 、 T_{23} 较小、质子密度 A_{21} 较大 ($P < 0.05$)。酚基木聚糖或蛋白质上的羟基或巯基与水通过质子交换降低水的流动性从而减小弛豫时间^[17]。酚基木聚糖具有氧化交联和凝胶特性以及高吸水性和持水性，酚基木聚糖的添加加强了蛋白与木聚糖以及木聚糖与木聚糖之间的联系，增强了发酵面团的网络结构，使面筋可以网络大量的水分，但当酚基木聚糖添加量过大时，酚基木聚糖会阻碍面筋网络结构的形成使水分流失，所以，质子密度 A_{22} 先增加后下降。酚基木聚糖高吸水性使发酵面团自由水含量增加，质子密度 A_{23} 上升。低分子量的酚基木聚糖更易溶于水，并且从高分子量降解成低分子量其酚酸含量也增加，其中阿魏酸是氧化交联的活性中心^[7]，低分子量的酚基木聚糖其氧化交联特性更强，其发酵面团的弛豫时间降低，结合水含量增多，质子密度 A_{21} 较大。

表 2 麦麸酚基木聚糖对发酵面团水分特性的影响
Table 2 Effect of phenolic xylenes from wheat bran on water properties of fermented dough

样品 Samples	弛豫时间 Relaxation time/ms			质子密度 Proton density		
	T_{21}	T_{22}	T_{23}	A_{21}	A_{22}	A_{23}
对照 Control	0.22 ± 0.00c	9.08 ± 0.11a	70.10 ± 1.90a	416.78 ± 0.22b	7261.35 ± 34.79d	115.50 ± 9.35c
HPX0.25	0.22 ± 0.01bc	8.53 ± 0.02b	64.35 ± 1.47bc	359.86 ± 17.21d	7374.12 ± 8.00b	133.15 ± 2.19bc
HPX0.5	0.27 ± 0.01a	8.56 ± 0.04b	70.32 ± 0.72a	362.27 ± 16.67cd	7488.56 ± 7.81a	113.34 ± 3.97c
HPX1.0	0.26 ± 0.02a	8.23 ± 0.03c	63.04 ± 2.18bc	405.36 ± 9.82bcd	7343.20 ± 30.60bc	164.45 ± 3.49a
HPX2.0	0.27 ± 0.02a	7.83 ± 0.03e	58.12 ± 1.08de	236.80 ± 26.87e	7287.32 ± 4.42cd	164.98 ± 2.08a
LPX0.25	0.25 ± 0.00ab	8.58 ± 0.01b	59.79 ± 0.25cd	400.28 ± 1.50bcd	7248.75 ± 47.36d	134.84 ± 6.53bc
LPX0.5	0.23 ± 0.01bc	8.52 ± 0.02b	67.15 ± 3.97ab	589.42 ± 28.06a	7471.15 ± 28.37a	113.57 ± 1.05c
LPX1.0	0.21 ± 0.02c	7.94 ± 0.01d	57.98 ± 1.35de	407.41 ± 21.52bc	7373.20 ± 29.80b	148.46 ± 14.17ab
LPX2.0	0.25 ± 0.01ab	7.31 ± 0.00f	54.17 ± 2.41e	362.89 ± 24.81cd	7253.62 ± 32.33d	161.43 ± 26.00a

注：同列不同字母表示差异性显著，显著水平 $P < 0.05$ 。下同。
Note: Values for a particular column followed by different letters differ significantly ($P < 0.05$). The same as below.

2.3 麦麸酚基木聚糖对馒头色泽的影响

麦麸酚基木聚糖对馒头色泽的影响见图 2。馒头的色泽由 L^* 、 a^* 和 b^* 表示，其中， L^* 表示亮度， $+a^*$ 代表红色， $-a^*$ 代表绿色； $+b^*$ 代表黄色， $-b^*$ 代表蓝色。

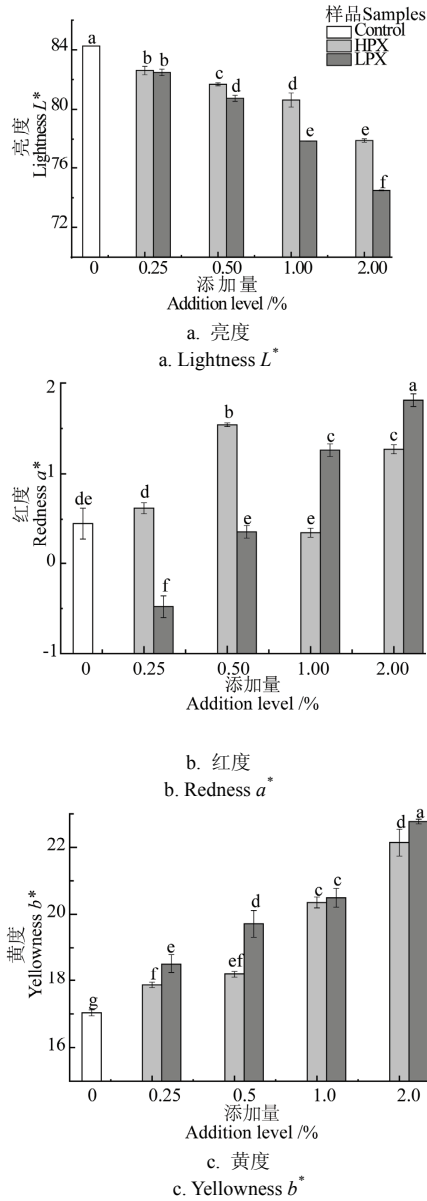


图 2 麦麸酚基木聚糖对馒头色泽的影响

Fig. 2 Effect of phenolic xylans from wheat bran on color of steamed bread

由图 2 可知，在亮度图中，随着麦麸酚基木聚糖添加量的增加，馒头的亮度 L^* 显著下降 ($P<0.01$)。在红度图中，随着麦麸酚基木聚糖添加量的增加，馒头红度 a^* 显著增加 ($P<0.01$)。在黄度图中，随着麦麸酚基木聚糖添加量的增加，馒头黄度 b^* 显著增加 ($P<0.01$)。添加低分子量麦麸酚基木聚糖的馒头的整体亮度较低 ($P<0.01$)。酚基木聚糖在制备和降解过程中，酚基木聚糖与蛋白质发生美拉德反应，使酚基木聚糖变褐色。在馒头红度图中，低分子量酚基木聚糖添加量为 0.25% 时，馒头红度数值为负以及高分子量酚基木聚糖添加量为 0.5% 时，馒头红度值偏大，有可能是酚基木聚糖研磨颗粒大小不均，或馒头在蒸制过程中形成气孔不均匀造成的，但随着麦麸酚基木聚糖添加量的增加，馒头红度 a^* 整体呈增加趋势。所以添加麦麸酚基木聚糖使馒头亮度 L^* 下降，红度 a^* 和黄度 b^* 增加。

2.4 麦麸酚基木聚糖对馒头比容和质构的影响

馒头比容和质构的测定结果见表 3。由表 3 可知，麦麸酚基木聚糖添加量在 1.0% 范围内，随着添加量的增加，馒头回复性显著增加 ($P<0.01$)，硬度、咀嚼性、黏附性显著下降 ($P<0.01$)。但当麦麸酚基木聚糖添加量达到 2.0% 时，馒头硬度、胶黏性、咀嚼性显著增加 ($P<0.01$)，回复性显著下降 ($P<0.01$)。含低分子量酚基木聚糖馒头的比容、硬度、弹性、胶黏性、咀嚼性较大 ($P<0.01$)，黏聚性较小 ($P<0.05$)。酚基木聚糖对蛋白形成的泡沫受热分解时有保护作用，能阻止 CO_2 气体受热膨胀时对气室的破坏^[18]，泡沫加热时体积增大，添加酚基木聚糖能使馒头保持良好的气室结构。酚基木聚糖的吸水性、持水性以及氧化交联特性使馒头的半结合水含量增加以及面筋网络结构增强^[7]，从而使馒头的硬度和咀嚼性下降，回复性上升。酚基木聚糖高黏度特性使馒头的黏附性下降。但当酚基木聚糖添加量较大时，酚基木聚糖会与蛋白、淀粉争夺水分使面筋网络变弱，硬度和咀嚼性增加，回复性下降。酚基木聚糖分子量较高时，其黏度较大，泡沫的形成和膨胀会因黏度而受阻。分子量高的酚基木聚糖吸水性较好，所以其馒头的硬度、胶黏性和咀嚼性较小。分子量高的酚基木聚糖对馒头硬度、胶黏性和咀嚼性的改善效果大于分子量低的酚基木聚糖。

表 3 麦麸酚基木聚糖对馒头比容和质构的影响

Table 3 Effect of phenolic xylans from wheat bran on specific volume and textural of steamed bread

样品 Samples	比容 Specific volume/(mL·g ⁻¹)	硬度 Hardness/ g	黏附性 Adhesiveness/(g·s)	弹性 Springiness	黏聚性 Cohesiveness	胶黏性 Gumminess	咀嚼性 Chewiness	回复性 Resilience
Control	2.23 ± 0.02d	2424.92 ± 25.56b	-6.00 ± 1.35a	0.94 ± 0ab	0.78 ± 0ef	1897.59 ± 11.16b	1775.96 ± 28.74b	0.42 ± 0.01e
HPX0.25	2.32 ± 0c	1790.33 ± 68.46f	-22.10 ± 2.39cd	0.90 ± 0c	0.83 ± 0a	1486.53 ± 49.19f	1331.08 ± 47.46f	0.47 ± 0a
HPX0.5	2.25 ± 0d	1818.96 ± 9.38ef	-23.41 ± 1.34cd	0.90 ± 0.01c	0.82 ± 0.01ab	1492.35 ± 15.27ef	1348.18 ± 3.25ef	0.46 ± 0.02ab
HPX1.0	2.23 ± 0.05d	1894.61 ± 37.59e	-28.13 ± 1.68de	0.91 ± 0.02c	0.80 ± 0.01cd	1513.90 ± 19.21ef	1373.72 ± 42.42ef	0.42 ± 0.01de
HPX2.0	2.25 ± 0.02d	2004.92 ± 1.64d	-30.79 ± 3.09e	0.92 ± 0bc	0.77 ± 0fg	1549.57 ± 5.21e	1417.69 ± 0.77e	0.39 ± 0f
LPX0.25	2.44 ± 0.06bc	2211.88 ± 41.27c	-27.18 ± 2.19de	0.94 ± 0.01ab	0.80 ± 0cd	1768.53 ± 31.30c	1656.70 ± 44.92c	0.44 ± 0cd
LPX0.5	2.68 ± 0.14a	2005.36 ± 10.39d	-14.30 ± 1.61b	0.93 ± 0.01ab	0.81 ± 0bc	1624.49 ± 7.76d	1513.01 ± 28.60d	0.45 ± 0bc
LPX1.0	2.42 ± 0.02bc	2248.63 ± 46.19c	-17.66 ± 5.33bc	0.94 ± 0.01a	0.79 ± 0de	1781.25 ± 35.26c	1676.25 ± 43.49c	0.42 ± 0de
LPX2.0	2.49 ± 0.02b	2680.52 ± 28.60a	-20.71 ± 2.39c	0.94 ± 0.01ab	0.76 ± 00g	2043.68 ± 11.94a	1914.33 ± 19.30a	0.38 ± 0f

2.5 麦麸酚基木聚糖对馒头感官评价的影响

馒头感官得分测定的结果见表 4。由表 4 可知,麦麸酚基木聚糖添加量在 0.5%范围内,馒头的感官得分无显著影响 ($P>0.05$),超过 0.5%后馒头感官得分显著下降 ($P<0.01$)。麦麸酚基木聚糖分子量对馒头的感官得分无

明显影响 ($P>0.05$)。麦麸酚基木聚糖在一定的添加范围内,增加了馒头的比容,改善了馒头的结构以及弹韧性,但是麦麸酚基木聚糖添加量增大时,虽然增加了馒头的体积,但它使馒头的内部组织变得不均匀,气孔变大,并且其他各项指标也开始下降,感官得分下降。

表 4 麦麸酚基木聚糖对馒头感官评价的影响
Table 4 Effect of phenolic xylans from wheat bran on sensory evaluation of steamed bread

样品 Samples	比容 Specific volume	外观 Appearance	色泽 Color	结构 Structure	弹韧性 Elastic resilience	黏性 Viscosity	气味 Smell	总分 Total points
Control	19.94 ± 0.01b	13.19 ± 0.49ab	8.88 ± 0.49a	13.39 ± 1.42ab	17.80 ± 0.92ab	13.29 ± 0.90ab	4.35 ± 0.18ab	90.84 ± 3.13a
HPX0.25	20.00 ± 0a	13.36 ± 0.65ab	8.92 ± 0.49a	13.78 ± 0.45a	18.40 ± 0.48a	13.29 ± 0.67ab	4.36 ± 0.26ab	92.11 ± 2.23a
HPX0.5	19.95 ± 0b	13.42 ± 0.51ab	8.25 ± 0.62b	13.87 ± 0.53a	18.16 ± 0.99ab	12.98 ± 1.15ab	4.30 ± 0.33ab	90.93 ± 2.99a
HPX1.0	19.91 ± 0.02c	13.37 ± 0.52ab	7.52 ± 0.55c	13.30 ± 0.67ab	17.30 ± 1.14ab	12.42 ± 0.86bc	4.10 ± 0.33bc	87.94 ± 3.02b
HPX2.0	19.96 ± 0.01b	12.31 ± 0.64c	6.55 ± 0.50d	11.90 ± 0.74c	16.00 ± 1.25cd	10.99 ± 1.38d	3.77 ± 0.39de	81.48 ± 3.23c
LPX0.25	20.00 ± 0a	13.61 ± 0.60a	8.96 ± 0.39a	13.75 ± 0.70a	18.11 ± 0.84ab	13.53 ± 0.67a	4.54 ± 0.25a	92.50 ± 2.35a
LPX0.5	20.00 ± 0a	13.52 ± 0.55ab	8.52 ± 0.45ab	13.69 ± 0.40a	18.09 ± 1.18ab	13.08 ± 0.67ab	4.45 ± 0.25a	91.35 ± 2.63a
LPX1.0	20.00 ± 0a	13.02 ± 0.45b	7.72 ± 0.50c	12.77 ± 1.16b	16.98 ± 1.63bc	11.90 ± 1.29c	3.97 ± 0.38cd	86.36 ± 3.66b
LPX2.0	20.00 ± 0a	11.48 ± 0.73d	6.29 ± 0.47d	10.90 ± 1.02d	15.49 ± 2.00d	9.80 ± 1.14e	3.57 ± 0.40e	77.53 ± 3.12d

3 结 论

- 1) 通过对发酵面团动态流变学研究表明:与对照组相比,添加麦麸酚基木聚糖明显提高发酵面团的弹性模量 G' 和黏性模量 G'' 。麦麸酚基木聚糖添加量在 0.5%时,发酵面团弹性模量最大,黏性模量随添加量的增加而增加,高分子量弹性模量 G' 和黏性模量 G'' 变幅较大。
- 2) 麦麸酚基木聚糖的添加降低发酵面团的弛豫时间 T_{22} , 促进面团网络结构的形成,半结合水和自由水含量增加,添加量在 0.5%时,发酵面团的半结合水含量最高。低分子量的弛豫时间 T_{22} 和 T_{23} 较小、结合水含量较多。
- 3) 通过对馒头色泽、比容和质构研究发现:随着麦麸酚基木聚糖添加量的增加,馒头色泽变暗,比容增大;麦麸酚基木聚糖的添加改善了馒头的质构特性,但添加量超过 1.0%时,馒头的质构特性变差。低分子量的酚基木聚糖,其馒头比容和弹性较大,但馒头硬度和咀嚼性相对也较大。
- 4) 感官评价:麦麸酚基木聚糖添加量在 0.5%范围内,感官得分无显著差异,但添加量超过 0.5%时,感官得分下降。麦麸酚基木聚糖分子量对馒头感官得分无显著影响。
- 5) 综合选择:麦麸酚基木聚糖添加量在 0.5%时,发酵面团弹性模量最大,半结合水含量最高;馒头硬度较低,回复性较好,麦麸酚基木聚糖对发酵面团以及馒头品质改善效果最好。添加量在 1.0%内,发酵面团特性以及馒头品质均可接受。高分子量的酚基木聚糖对发酵面团以及馒头品质改善效果高于低分子量的酚基木聚糖。

[参 考 文 献]

[1] Anderson J W. Whole grains and coronary heart disease: The whole kernel of truth[J]. The American Journal of Clinical Nutrition, 2004, 80(6): 1459—1460.

[2] Bauer J L, Harbaum-Piayda B, Stöckmann H, et al. Antioxidant activities of corn fiber and wheat bran and derived extracts[J]. LWT-Food Science and Technology, 2013, 50(1): 132—138.

[3] Sun Xianyun, Liu Ziyong, Qu Yinbo, et al. The effects of wheat bran composition on the production of biomass-hydrolyzing enzymes by *Penicillium decumbens*[J]. Applied Biochemistry & Biotechnology, 2008, 146(3): 119—128.

[4] Kaats G R. A combination of l-arabinose and chromium lowers circulating glucose and insulin levels after an acute oral sucrose challenge[J]. Nutrition Journal, 2011, 10(2): 815—820.

[5] Iqbal S, Bhanger M I, Anwar F. Antioxidant properties and components of bran extracts from selected wheat varieties commercially available in Pakistan[J]. LWT-Food Science and Technology, 2007, 40(2): 361—367.

[6] Hromádková Z, Košťálová Z, Ebringerová A. Comparison of conventional and ultrasound-assisted extraction of phenolics-rich heteroxylans from wheat bran[J]. Ultrasonics Sonochemistry, 2008, 15(6): 1062—1068.

[7] Courtin C M, Delcour J A. Arabinoxylans and endoxylanases in wheat flour bread-making[J]. Journal of Cereal Science, 2002, 35(3): 225—243.

[8] Rouau X. Investigations into the effects of an enzyme preparation for baking on wheat flour dough pentosans[J]. Journal of Cereal Science, 1993, 18(2): 145—157.

[9] Cleemput G, Roels S P, Oort M V, et al. Heterogeneity in the structure of water-soluble arabinoxylans in European wheat flours of variable bread-making quality[J]. Cereal Chemistry, 1993, 70(3): 324—329.

[10] Małgorzata Cyran, Maria Rakowska, Danuta Miazga. Chromosomal location of factors affecting content and composition of non-starch polysaccharides in wheat-rye addition lines[J]. Euphytica, 1996, 89(1):153—157.

- [11] 范玲, 马森, 王晓曦, 等. 超声波辅助提取小麦麸皮酚基木聚糖的研究[J]. 粮食与饲料工业, 2014, 11(1): 24—28
Fan Ling, Ma Sen, Wang Xiaoxi, et al. Study on ultrasound-assisted extraction of phenolic xylans from wheat bran[J]. Cereal and Feed Industry, 2014, 11(1): 24—28. (in Chinese with English abstract)
- [12] Leray G, Oliete B, Mezaize s, et al. Effects of freezing and frozen storage conditions on the rheological properties of different formulations of non-yeasted wheat and gluten-free bread dough[J]. Journal of Food Engineering, 2010, 100(1): 70—76.
- [13] 郑学玲, 李利民, 姚惠源, 等. 小麦麸皮及面粉戊聚糖对面团特性及面包烘焙品质影响的比较研究[J]. 中国粮油学报, 2005, 20(2): 21—25.
Zheng Xueling, Li Limin, Yao Huiyuan, et al. The influence comparison between wheat bran pentosan and wheat flour pentosan on dough properties and bread-making quality[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2005, 20(2): 21—25. (in Chinese with English abstract)
- [14] 高杨. 阿拉伯木聚糖对小麦淀粉、蛋白分离的影响[D]. 郑州: 河南工业大学, 2012.
Gao Yang. Effect of Arabinoxylan on the Isolation of Gluten and Starches[D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2012. (in Chinese with English abstract)
- [15] Engelsen S B, Jensen M K, Pedersen H T, et al. NMR-baking and multivariate prediction of instrumental texture parameters in bread[J]. Journal of Cereal Science, 2001, 33(1): 59—69.
- [16] Su Dongmin, Ding Changhe, Li Lite, et al. Effect of endoxylanases on dough properties and making performance of Chinese steamed bread[J]. European Food Research & Technology, 2005, 220(5/6): 540—545.
- [17] Wang X, Choi S G, Kerr W L. Water dynamics in white bread and starch gels as affected by water and gluten content[J]. Lebensmittel Wissenschaft Und Technologie Foodence & Technology, 2004, 37(3): 377—384.
- [18] Izydorczyk M, Biliaderis C G, Bushuk W. Comparison of the structure and composition of water-soluble pentosans from different wheat varieties[J]. Cereal Chemistry, 1991, 68(2): 139—144.

Effects of phenolic xylans from wheat bran on fermented dough properties and qualities of steamed bread

Wang Xiaoxi, Fan Ling, Ma Sen^{*}, Wang Rui, Chen Cheng

(College of Grain and Food, Henan University of Technology, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: In order to develop a natural, safe improver of steamed bread and nutrition fortifier, as well as increase the added value of wheat bran, phenolic xylans from wheat bran with different addition level (0.25%, 0.5%, 1.0%, 2.0%) and molecular weight (82°, 581kD) were chosen and their effects on fermented dough properties and qualities of steamed bread were investigated. Low molecular weight phenolic xylans were obtained by ultrasonic degradation of phenolic xylans. The rheometer and low-field nuclear resonance (NMR) were used to observe the changes of fermented dough properties with phenolic xylans. The texture profile analyzer was used to observe the changes of qualities of steamed bread with phenolic xylans. The viscoelasticity, water distribution and mobility of fermented dough, color, texture, sensory evaluation score of steamed bread were evaluated in the experiment. The results showed that along with the increase of phenolic xylans from wheat bran, the elastic modulus and proton density A_{22} increased then decreased, viscous modulus and proton density A_{23} increased, relaxation time T_{22} of fermented dough decreased. The lightness and adhesiveness decreased, redness and yellowness increased, specific volume, cohesiveness, resilience and sensory score of steamed bread increased and then decreased, hardness and chewiness of steamed bread decreased and then increased with increasing addition level of phenolic xylans from wheat bran. The higher molecular weight of wheat bran phenolic xylans was, the larger quantitative change of the elastic modulus and viscous modulus would be. The high molecular weight wheat bran phenolic xylans had long relaxation time T_{22} and small proton density A_{21} of fermented dough. When the molecular weight of wheat bran phenolic xylans was low, the specific volume and springiness of steamed bread were large, but the hardness and chewiness of steamed bread were relatively large. Compared with the control group, the addition of phenolic xylans from wheat bran could improve the rheological properties and water properties of fermented dough and quality of steamed bread. When the content of wheat bran phenolic xylans was 0.5%, the improvement effect of fermented dough and steamed bread qualities was best. When the addition level of wheat bran phenolic xylans was lower than 1.0%, the properties of fermented dough and qualities of steamed bread were improved. However, the properties of fermented dough and qualities of steamed bread deteriorated when phenolic xylans content was 2.0%. The improvement effect of properties of fermented dough and qualities of steamed bread with high molecular weight wheat bran phenolic xylans was better than low molecular weight wheat bran phenolic xylans. The method and data stated in this study were useful and valuable to the industry and can provide the theoretical basis for phenolic xylans widely application to the flour products.

Key words: quality control; water; fermentation; phenolic xylans; fermented dough; viscoelasticity