

# 麦麸木聚糖酶处理条件对全麦挂面品质的影响

刘 姣<sup>1,2</sup>,汪丽萍<sup>2</sup>,吴卫国<sup>1</sup>,谭 斌<sup>2</sup>

(1. 湖南农业大学 食品科学技术学院,湖南 长沙 410128;2. 国家粮食局科学研究院,北京 100037)

**摘要:**为改善全麦挂面品质,采用木聚糖酶酶解处理技术对全麦粉麸皮组分进行加工预处理,研究麸皮酶解工艺(麸皮最终含水量、温度、时间和酶添加量)对全麦挂面蒸煮、质构和营养品质的影响。结果表明,相比于无酶处理麸皮的全麦挂面,木聚糖酶处理麸皮的全麦挂面的煮熟增重率略微降低,干物质损失率略微升高,质构特性变化不大,营养品质显著提高。各酶解工艺条件对面条品质均有一定影响,影响大小为:温度>时间>麸皮最终含水量>酶添加量。

**关键词:**小麦麸皮;木聚糖酶;全麦挂面;酶解

**中图分类号:**TS 213.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1007-7561(2016)03-0079-07

## Effect of bran xylanase enzyme treatment conditions on the quality of whole wheat flour dried noodles

LIU Jiao<sup>1,2</sup>, WANG Li-ping<sup>2</sup>, WU Wei-guo<sup>1</sup>, TAN Bin<sup>2</sup>

(1. College of Food Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha Hunan 410128;

2. Academy of State Administration of Grain, Beijing 100037)

**Abstract:** In order to improve the quality of whole wheat noodles, the influences rule of enzyme hydrolysis of bran (moisture content, the temperature, the time and the enzyme dosage) on the cooking, structure and nutrition quality of whole wheat noodles was studied by xylanase enzyme hydrolysis technology for pretreatment of the bran components of whole wheat. The result indicates that whole wheat noodle's cooking increasing weight rate reduces slightly, and the loss rate of dry matter increase slightly, and the texture characteristics changes little, and the nutrition quality improved significantly after enzyme treatment. Each process conditions of enzymatic hydrolysis have effect on the quality of the noodles, the order of the influence factor is: the temperature > the time > moisture content > the enzyme dosage.

**Key words:** wheat bran; xylanase; whole wheat flour dried noodle; enzymatic hydrolysis

20世纪90年代后半期,人们对全谷物食品营养价值的认识逐步加深,对消费全谷物食品趋于主动,全谷物食品的消费开始变成一种时尚。近年来国内外市场上已经出现了许多诸如全麦粉、全麦面包、糙米、糙米制品及杂粮类产品等全谷物食品。全麦是一种重要的全谷物食品,而在全麦制品的加工应用中,全麦面包和全麦馒头等发酵焙烤类食品的研究已经趋于成熟,全麦挂面的研究还很薄弱,因此全麦挂面是当前全谷物食品研究的一个重要方向。

在全麦挂面的制作过程中,天然麸皮的添加对于产品品质的劣化影响较为显著。要得到性状较好的麦麸产品,需要在工艺上进行改进。酶工艺目前被认为是提高麸皮营养和加工功能的一种有效工

具。木聚糖酶能够以随机的方式打开木聚糖的主链,降低底物的聚合度,并释放出相应的低聚糖—寡糖和木糖,可用于改善面团的特性<sup>[1]</sup>。已有的研究发现适量的木聚糖酶处理能够提高面团机械加工性能,改善面团的流变特性,还能够使麸皮面包、馒头等发酵食品的体积变得更大,改善麸皮面制品的外部及内部品质等<sup>[2-3]</sup>。目前用木聚糖酶酶解小麦麸皮应用于面条加工中还未有报道。本实验以小麦麸皮为原料,采用木聚糖酶酶解处理技术对全麦粉麸皮组分进行加工预处理,研究麸皮酶解工艺对全麦挂面蒸煮品质、质构特性和营养品质的影响规律,为加工高品质面条提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与设备

#### 1.1.1 材料

小麦:购自山东峰宇面粉有限公司;木聚糖酶:

收稿日期:2015-11-10

基金项目:中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(ZX1506)

作者简介:刘姣,1991年出生,女,硕士研究生。

通讯作者:谭斌,1972年出生,男,研究员。

购自诺维信生物科技有限公司;木糖、叶酸和阿魏酸标准品:购自 Sigma 公司。

### 1.1.2 设备

LM-85/40 实验磨粉机:无锡穗邦科技有限公司;FW-100 高速万能粉碎机:北京中兴伟业仪器有限公司;JFZD 粉质仪:北京东孚久恒仪器技术有限公司;LGJ-10D 冷冻干燥机:北京四环科学仪器厂有限公司;JHMZ 200 试验和面机:北京东方孚德技术发展中心;JM TD-168/140 试验面条机:北京东孚久恒仪器技术有限公司;DGG-9000 型电热恒温鼓风干燥箱:上海森信试验仪器有限公司;PRX-35013 智能人工气候箱:宁波海曙赛德实验仪器厂;电磁炉:格兰仕;TA.XT2iPlus 质构仪:英国 Stable Micro System 公司;PL3002-IC 电子天平:梅特勒—托利多仪器有限公司;T6 紫外可见分光光度计:北京普析通用仪器有限责任公司;F93 荧光分光光度计:上海棱光技术有限公司。

## 1.2 实验方法

### 1.2.1 小麦粉和麸皮的制备

称取小麦样品,筛出麦秆、石子等杂质,调节水分至 15%~16%,使用自封袋密封保存,室温下润麦 24 h,然后用实验磨粉机磨粉得到小麦粉和麸皮,麸皮再经粉碎过 40 目筛,密封,冷藏备用。

### 1.2.2 麸皮的酶解处理及全麦粉加工工艺

称取 150 g 粉碎过 40 目筛的小麦麸皮,与一定量的木聚糖酶混合,再将混合物置于粉质仪中,粉质仪用一定温度的水循环加热,在 1~3 min 内喷洒预先加热的水并使搅拌机中的叶片旋转以获得均匀分布的水,搅拌机密封紧密以避免水分的蒸发。酶解一定的时间之后将样品取出,冷却到室温后立即冷冻干燥,冷冻干燥后的样品即为酶处理后的麦麸粉。将上述麦麸粉粉碎过 100 目筛,与上述自制小麦粉按产出率比例复配成 100% 全麦粉(只含小麦粉和麸皮)。

### 1.2.3 全麦挂面的制作及评价方法

#### (1) 全麦挂面的制作工艺

参照田晓红<sup>[4]</sup>方法并作了改进。根据全麦粉含水量,加入 2% 盐水使混合粉含水量达 34%,搅拌 2 min 至面团呈松散的颗粒状,熟化 45 min,然后用面条机制成宽 2 mm、厚 1.0 mm 的面条。

#### (2) 面条蒸煮品质

参照田晓红<sup>[4]</sup>方法,蒸煮品质包括煮熟增重率和干物质损失率。

#### (3) 面条质构特性<sup>[5]</sup>

样品准备:取 25 根面条放置在 500 mL 沸水中,

保持微沸状态,经过最佳蒸煮时间迅速捞出,用自来水冲淋 10 s,放入冰水混合物中 10 s,使面条迅速冷却。控干水,放置到托盘中(托盘放置在冰水混合物中,样品上面盖一块布,以免样品表面失水),进行物性测试。

硬度测试:采用 A/LKB-F 探头进行测试。参数设定:测前速度为 1.0 mm/s,测试速度为 0.17 mm/s,测后速度为 10.0 mm/s,目标模式为压力,形变程度为 75%,触发类型为自动,触发力为 5.0 g。将 10 根煮好的面条肩并肩平铺于测试台面上,进行测试。每组样品平行测 12 次,结果取其平均值。

粘度测试:采用 HDP/PFS 探头进行测试。参数设定:测前速度为 1.0 mm/s,测中速度为 0.5 mm/s,测后速度为 10.0 mm/s,应力为 1 000.0 g,返回距离为 10.0 mm,接触时间为 2.0 s,触发类型为自动,触发力为 5.0 g。将 10 根煮好的面条平整夹在支撑金属板中央,进行测试。每组样品平行测五次,结果取其平均值。

断裂强度测试:采用 A-SFR 探头进行测试。参数设定:测前速度为 0.5 mm/s,测中速度为 2.5 mm/s,测后速度为 10.0 mm/s,触发类型为自动,触发力为 5.0 g。将 20 mm 左右的干面条垂直放在探头和台面中,进行测试。每个样品平行做 10 次,结果取其平均值。

#### (4) 面条营养品质

水溶性阿拉伯木聚糖(WEAX)含量测定:采用间苯三酚法<sup>[6]</sup>。

叶酸含量测定:采用荧光分光光度法<sup>[7]</sup>。

游离阿魏酸含量测定:采用紫外分光光度法<sup>[8]</sup>。

### 1.2.4 木聚糖酶酶解麸皮的单因素实验

(1) 酶解时间 4 h,酶解温度 50 ℃,加酶量 1.0% 的条件下,麸皮最终含水量分别设为 30%、40%、50%、60%、70% 五个水平(以混合物中总水分含量计)。

(2) 麸皮最终含水量 50%,酶解时间 4 h,加酶量 1.0% 的条件下,温度分别设为 40、45、50、55、60 ℃ 五个水平。

(3) 麸皮最终含水量 50%,酶解温度 50 ℃,加酶量 1.0% 的条件下,时间分别设为 2、4、6、8、10 h 五个水平。

(4) 麸皮最终含水量 50%,酶解温度 50 ℃,酶解时间 6 h 的条件下,加酶量分别设为 0.2%、0.5%、1.0%、1.5%、2.0% 五个水平(以混合粉干质量计)。

### 1.2.5 数据处理

采用 Excel 和 SPSS 21 进行数据分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 木聚糖酶酶解条件对全麦挂面蒸煮品质的影响

煮熟增重率和干物质损失率是反应挂面蒸煮品质的重要指标。煮熟增重率反映了挂面在煮制过程中的吸水能力和持水力,煮熟增重率高,表明其持水力强,但过高会导致面条太软和太黏,煮熟增重率低,挂面复水能力弱,面条口感粗糙偏硬<sup>[4]</sup>。干物质损失率反映了挂面在蒸煮过程中溶解到面汤中的物质含量,干物质损失率高,说明在煮制过程中淀粉、蛋白质和矿物质等物质损失多,容易混汤<sup>[9]</sup>,行业标准 SB/T 10068 — 1992 规定“花色挂面”的干物质损失率应小于 15%<sup>[10]</sup>。

#### 2.1.1 木聚糖酶酶解条件对煮熟增重率的影响

由 1 图可知,随酶解时间的延长,面条的煮熟增重率逐渐下降,在 2 h 时吸水率最高;而麸皮最终含水量、酶解温度和加酶量对面条的煮熟增重率影响并不显著,实验中面条的煮熟增重率变幅为 124% ~ 134%,传统小麦粉挂面的煮熟增重率在 267% 左右<sup>[11]</sup>,说明全麦挂面的持水能力较差,面条偏硬,口感也比较粗糙,可能的原因是面团吸水率与淀粉和面筋蛋白结合水的能力有关<sup>[11]</sup>,麸皮中不含面筋,随着麸皮的加入,全麦挂面中面筋所占的比重降低,导致面团吸水率降低。另外无酶处理的全麦挂面的煮熟增重率为 136.98%,吸水能力略高于酶处理的全麦挂面,可能的原因是木聚糖酶能够促使部分的水不溶性阿拉伯木聚糖(WUAX)溶解,使得面团的持水能力下降。

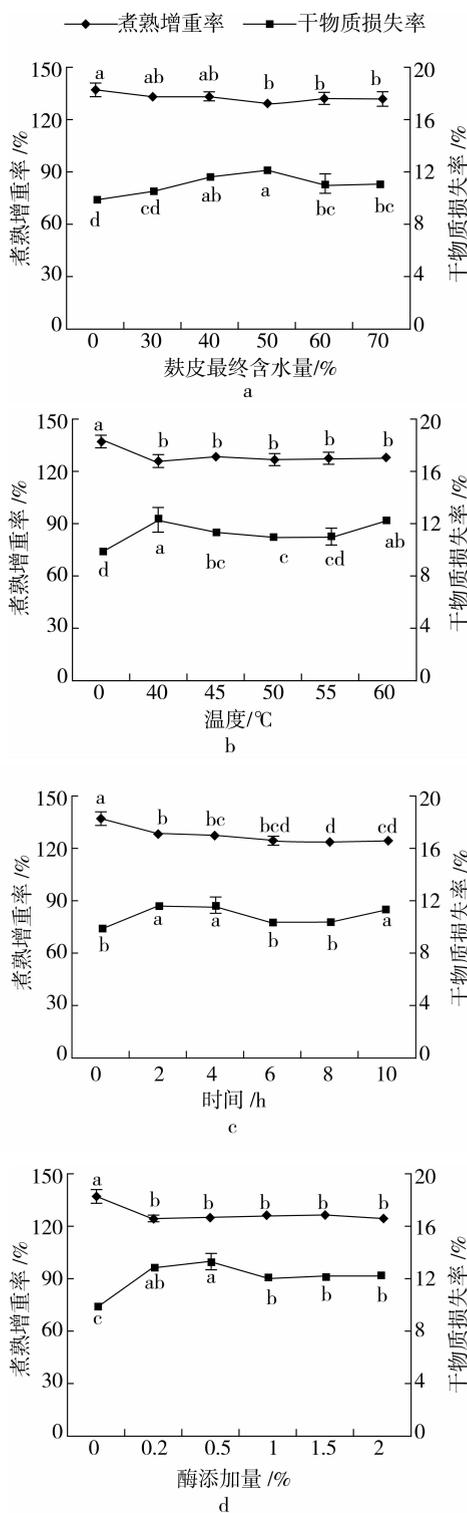
#### 2.1.2 木聚糖酶酶解条件对干物质损失率的影响

由图 1 可知,面条的干物质损失率随麸皮最终含水量和加酶量的增加呈先上升后下降趋势,在麸皮最终含水量 50%、加酶量 0.5% 时干物质损失率分别达到最大,说明此时面条在煮制过程中易断条混汤,此后随着含水量和酶量的增加,干物质损失率不再有明显变化,稳定在 11% ~ 12% 左右;随着温度和时间的升高,面条的干物质损失率呈先下降后上升的趋势,在 55 °C 和 8 h 时干物质损失率分别达到最低,分别为 11.90% 和 10.28%,且 6 h 和 8 h 时干物质损失无明显差异。另外酶处理的全麦挂面的干物质损失率略高于无酶处理的全麦挂面干物质损失率(9.95%),但它们均低于行业标准 SB/T 10068 — 1992 “花色挂面”的干物质损失率小于 15% 的要求,处于可接受范围内。

### 2.2 木聚糖酶酶解条件对全麦挂面质构特性的影响

#### 2.2.1 木聚糖酶酶解条件对断裂强度的影响

干面条的断裂强度主要考察干面条在包装、运



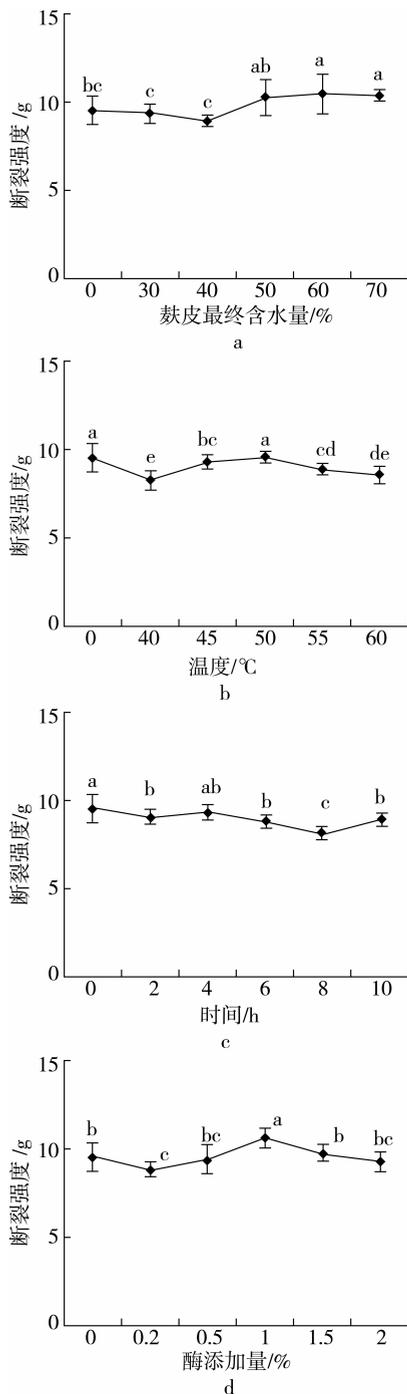
a 麸皮最终含水量对蒸煮品质的影响;b 温度对蒸煮品质的影响;c 时间对蒸煮品质的影响;d 酶添加量对蒸煮品质的影响

图 1 酶解工艺条件对面条蒸煮品质的影响

注:0 点为空白对照,代表无酶处理的全麦挂面,下同。

输、销售过程中抗外力的能力,断裂强度越大,干面条在包装、运输过程中所能承受的力越大,越不容易产生断条,品质越好<sup>[5]</sup>。由 2 图可知,随着酶解温度和加酶量的上升,面条的断裂强度先上升后下降,在 50 °C 和加酶量 1.0% 时,断裂强度分别达到最大值 9.6 g 和 10.59 g,而面条断裂强度随麸皮最终含

水量和时间的增加不成规律性变化。另外,无酶处理的全麦挂面的断裂强度 9.59 g,比酶处理的全麦挂面略低。造成这种现象的原因可能是木聚糖酶能够水解戊聚糖,增加非淀粉多糖的水溶性,降低它们与水的结合力,这样就可以释放出大量的结合水。这些水可以提供给淀粉和面筋,使面团能够形成更好的面筋网络结构、增加面团的延伸性;而面团延伸性的增强也会反过来增加面团水相的黏度,面团的黏度上升又会使得面团内聚力增强,弹性增大,进而提高面条机械加工性能<sup>[12]</sup>。

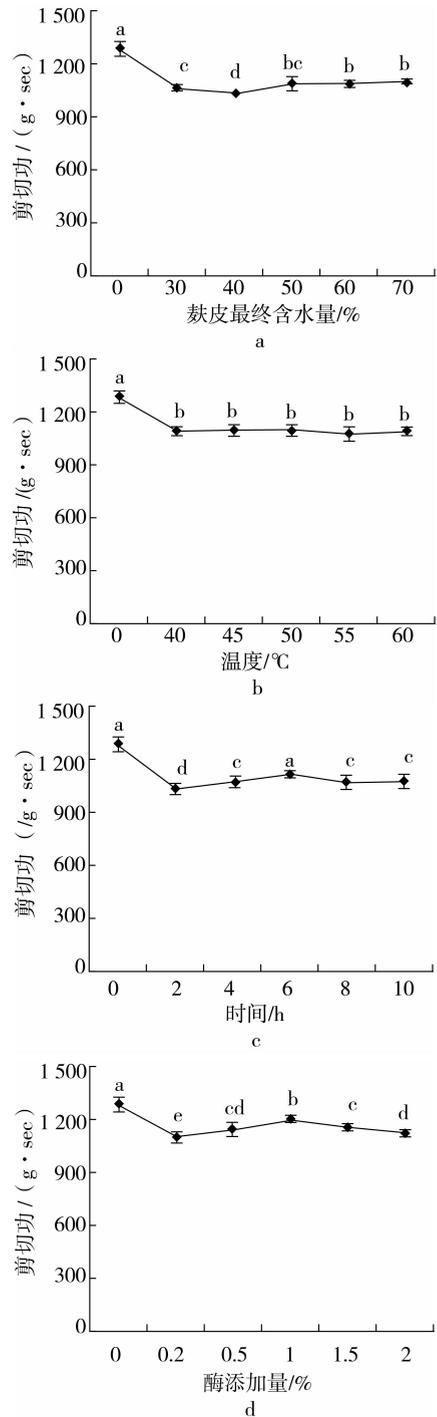


a 麸皮最终含水量对断裂强度的影响;b 温度对断裂强度的影响;c 时间对断裂强度的影响;d 酶添加量对断裂强度的影响

图2 酶解工艺条件对面条断裂强度的影响

### 2.2.2 木聚糖酶酶解条件对硬度的影响

面条的剪切功反应面条内部结构的紧密性,剪切功越大,面条内部结构越紧密,蒸煮时损失越小。由图3可以看出,面条的剪切功随麸皮最终含水量的增加先下降后上升,在50%之后变化不大;随时间和酶量的增加,面条的剪切功均呈先上升后下降的趋势,6h和加酶量1.0%时剪切功分别达到最大值,分别为1120.82 g·sec和1199.21 g·sec;温度对面条剪切功影响不显著。另外无酶处理的全麦



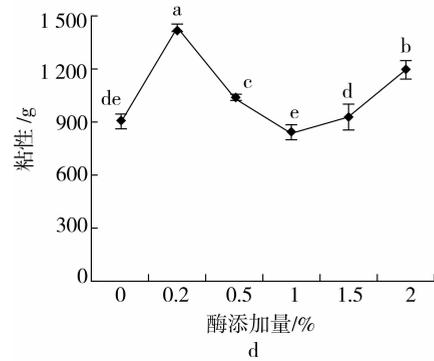
a 麸皮最终含水量对剪切功的影响;b 温度对剪切功的影响;c 时间对剪切功的影响;d 酶添加量对剪切功的影响

图3 酶解工艺条件对面条剪切功的影响

挂面的剪切功为 1 284.33 g·sec,略高于酶处理的全麦挂面,可能是由于木聚糖酶的添加使面团中的水不溶性阿拉伯木聚糖转化为水溶性阿拉伯木聚糖,增强了面团的乳化凝胶作用,导致面条韧性不足,降低了面条内部的硬度,这与张成龙<sup>[13]</sup>认为的经过酶处理的全麦粉制得的面包硬度降低的原理一致。

### 2.2.3 木聚糖酶酶解条件对粘性的影响

面条的粘性反应了面条表面的光滑度,粘性越大,附着在面条表面的淀粉颗粒越多,蒸煮时渗漏到表面和汤中的物质越多,损失越大,感官评价时的爽滑性越差<sup>[14]</sup>。由图4可知,面条的粘性随麸皮最终含水量的增加先上升后下降,在含水量50%时面条的粘性最高,此时的粘性为1 364.55 g,可能是在此条件下制备的全麦粉使面条内部结构不够紧实,蒸煮时渗漏到表面和汤中的物质较多,因此面条表面粘性和蒸煮损失较大;面条的粘性随加酶量的提高先下降后上升,在1.0%达到最小值841.49 g,可能是添加过量的木聚糖酶在酶解麸皮的过程中,WUAX的增溶速率较快,WEAX过度降解,进而使得面团的内聚



a 麸皮最终含水量对粘性的影响;b 温度对粘性的影响;c 时间对粘性的影响;d 酶添加量对粘性的影响

图4 酶解工艺条件对面条粘性的影响

力下降,黏度过高,稠度下降,同时面团的抗延伸性也下降,进而影响面条的品质<sup>[15]</sup>。面条的粘性随着时间的延长不成规律性变化,另外无酶处理的全麦挂面的粘性为902.97 g,与酶处理的全麦挂面较接近。

### 2.3 木聚糖酶酶解条件对全麦挂面营养品质的影响

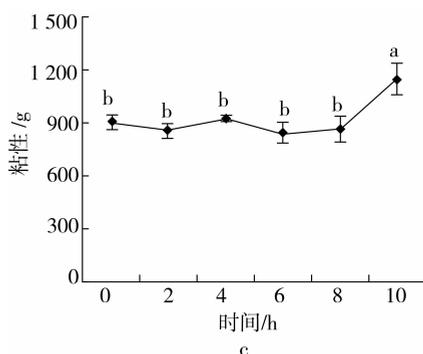
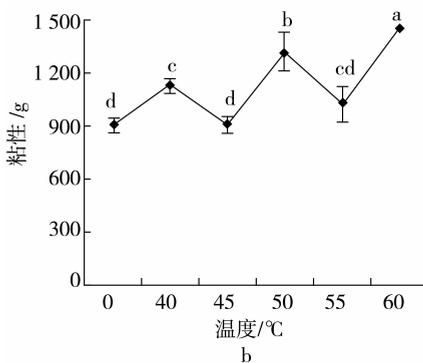
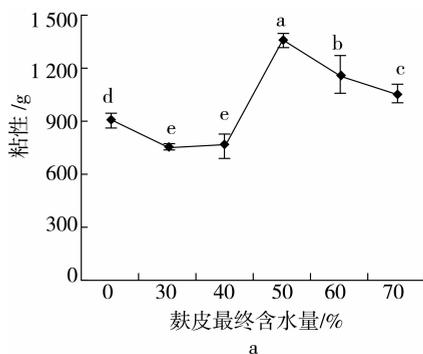
#### 2.3.1 木聚糖酶酶解条件对面条中 WEAX 含量的影响

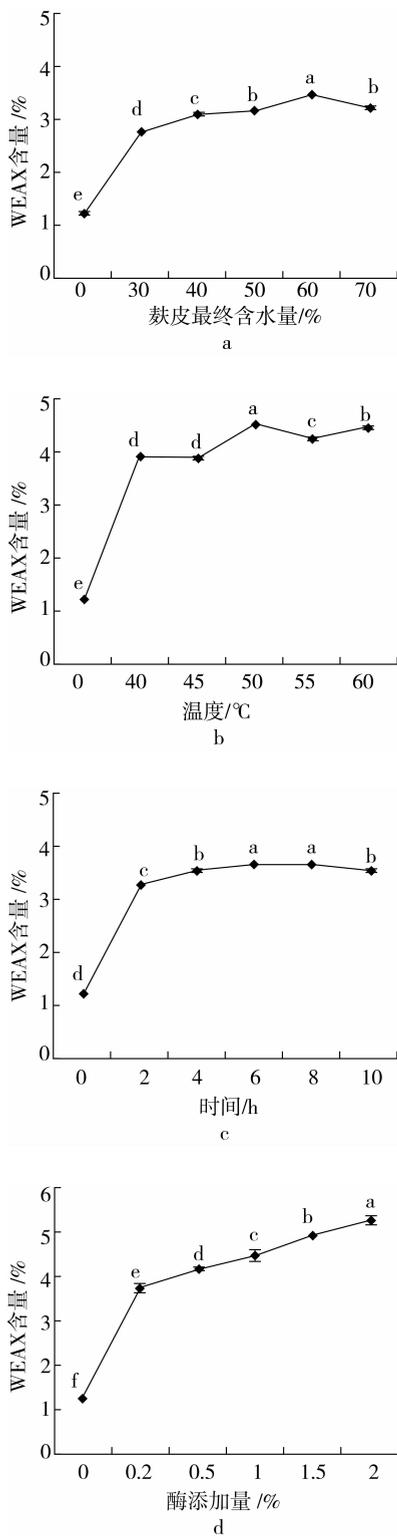
木聚糖酶可以使麸皮中的水不溶性阿拉伯木聚糖(WUAX)降解成水溶性阿拉伯木聚糖(WEAX),已有的研究发现 WEAX 对面团特性和面包烘焙品质具有较好的影响,而 WUAX 对面团特性和面包烘焙品质影响不显著,甚至可使面团特性和面包烘焙品质恶化<sup>[16]</sup>。由图5可知,随麸皮最终含水量和时间的增加,面条中 WEAX 含量呈现先上升后下降的趋势,在60%含水量和6 h时分别达到最大值,此时面条中的 WEAX 含量分别为3.48%和3.66%,这与 Outi Santala<sup>[17]</sup>认为木聚糖酶处理麸皮在含水量40%时 WEAX 含量是最高的结论不一致,可能是自由水含量的增加提高了反应混合物的传质和扩散,底物在水溶液中充分扩散,使酶切位点得以更多地暴露,有助于酶作用于底物,从而提高阿拉伯木聚糖(AX)的溶解性,导致面条中 WEAX 含量增加。随着酶量的增加,面条的 WEAX 含量呈现不断上升的趋势,而面条中 WEAX 含量随着温度的上升呈无规律性变化;相比于无酶处理的全麦挂面中 WEAX 含量(1.23%),酶处理的全麦挂面中 WEAX 含量都呈三倍增加。

#### 2.3.2 木聚糖酶酶解条件对面条中叶酸和阿魏酸含量的影响

##### 2.3.2.1 对叶酸含量的影响

叶酸是一种重要的 B 族维生素,与新生儿缺陷、成年与老年心血管病、精神科疾病、肠胃肠功能异常、免疫学缺陷及肿瘤等有显著相关性<sup>[18]</sup>。由图

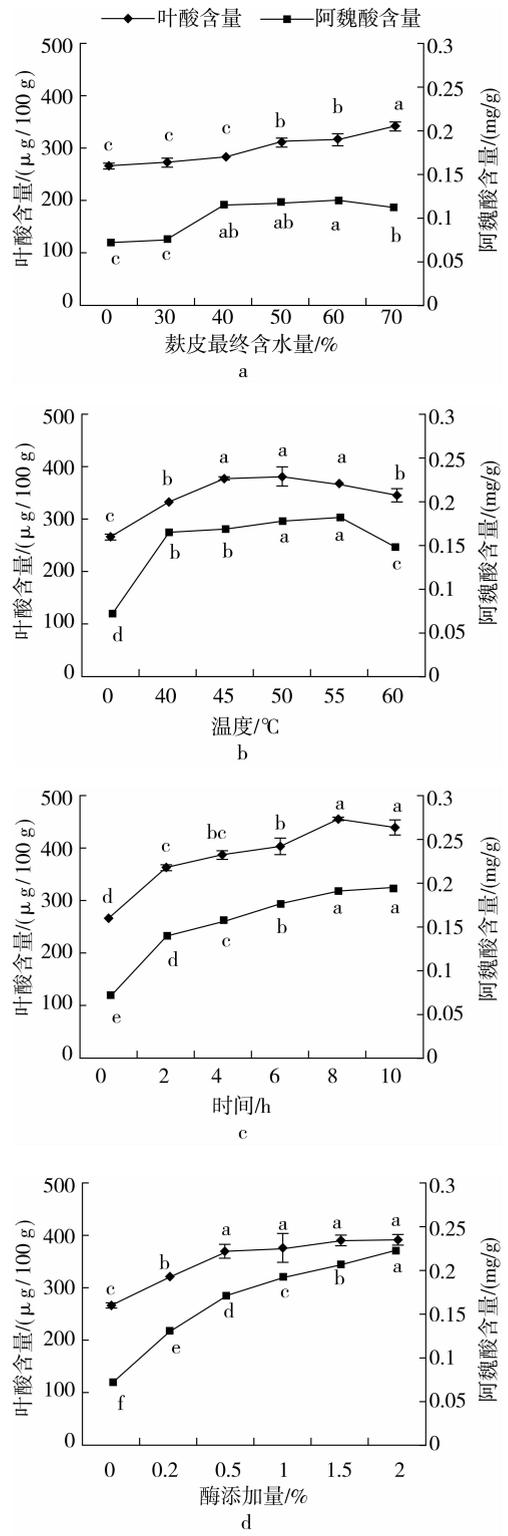




a 麸皮最终含水量对 WEAX 含量的影响;b 温度对 WEAX 含量的影响;c 时间对 WEAX 含量的影响;d 酶添加量对 WEAX 含量的影响

图5 酶解工艺条件对面条中 WEAX 含量的影响

6 可知,随含水量、时间和加酶量的增加,全麦挂面中的叶酸含量呈上升趋势,随酶解温度的上升,叶酸含量先上升后下降,在 50 °C 时达到最大值 380.12 μg/100 g,相比于无酶处理的全麦挂面的叶酸含量 (266.38 μg/100 g),酶处理的面条叶酸含量明显增加。



a 麸皮最终含水量对叶酸和阿魏酸含量的影响;b 温度对叶酸和阿魏酸含量的影响;c 时间对叶酸和阿魏酸含量的影响;d 酶添加量对叶酸和阿魏酸含量的影响

图6 酶解工艺条件对面条中叶酸和阿魏酸含量的影响

### 2.3.2.2 对阿魏酸含量的影响

阿魏酸是一种天然有效的抗氧化剂,具有清除氧自由基、降低胆固醇、抗血栓和动脉粥样硬化、抗菌消炎、抗肿瘤、抗衰老、抗病毒、抗紫外辐射等生理功能<sup>[8]</sup>。由图 6 可知,随麸皮最终含水量和温度的

增加,全麦挂面中阿魏酸的含量先上升后下降,在60%含水量和55℃时分别达到最大值0.121 mg/g和0.183 mg/g,并且50℃时和55℃时无显著性差异;随时间和加酶量的增加面条中的阿魏酸含量呈不断上升的趋势,另外相比于无酶处理的面条中阿魏酸含量(0.073 mg/g),酶处理的面条阿魏酸含量成倍增加,这是因为麸皮中阿魏酸含量较高,但都以结合态的形式存在,木聚糖酶水解了植物细胞壁中多糖与阿魏酸连接的酯键,释放出游离的阿魏酸<sup>[19]</sup>。

#### 2.4 酶解工艺条件与面条品质相关性

酶解工艺条件麸皮最终含水量、温度、时间和酶添加量与面条品质相关分析结果见表1。可以看出

表1 酶解工艺条件与面条品质的相关性

	煮熟增重率	干物质损失率	断裂强度	剪切功	粘性	WEAX 含量	叶酸含量	阿魏酸含量
麸皮最终含水量	-0.793	0.652	0.639	-0.674	0.501	0.916*	0.921**	0.814*
温度	-0.894*	0.669	-0.449	-0.947**	0.608	0.976**	0.872*	0.878*
时间	-0.832*	0.122	-0.704	-0.513	0.553	0.722	0.915*	0.922**
酶添加量	-0.525	0.228	0.202	-0.349	-0.069	0.816*	0.831*	0.896*

注: \*表示显著( $P < 0.05$ ), \*\*表示极显著( $P < 0.01$ )。

### 3 结论

(1)相比于无酶处理麸皮的全麦挂面,木聚糖酶处理麸皮的全麦挂面的煮熟增重率略微降低,干物质损失率略微升高;质构特性变化不大;营养品质显著提高。

(2)各酶解工艺条件对面条品质均具有一定的影响,且因素影响大小为:温度 > 时间 > 麸皮最终含水量 > 酶添加量。

#### 参考文献:

- [1] 苏东民,丁雁鑫,苏东海. 不同木聚糖酶对小麦面团流变性质的影响[J]. 中国农学通报,2013,29(12):206-211.
- [2] 冯新胜,王克林. 戊聚糖酶对面粉品质的改良作用[J]. 粮食加工,2006(3):20-57.
- [3] 严晓鹏,王璋,许时婴. 酶制剂对于麸皮面包的改良研究[J]. 食品工业科技,2007(7):206-209.
- [4] 田晓红,汪丽萍,刘明,等. 熟化条件对苦荞挂面蒸煮品质的影响[J]. 粮油食品科技,2013,21(1):1-3.
- [5] 刘明,田晓红,汪丽萍,等. 加水量对豌豆挂面品质的影响[J]. 粮油食品科技,2015,23(4):7-12.
- [6] Douglas S G. A rapid method for the determination of pentosans in wheat flour[J]. Food Chemistry, 1981(7):139-145.
- [7] 郭健,李敏,孟研,等. 荧光分光光度法测定食品中叶酸的含量[J]. 中国公共卫生,2003,19(10):1259.
- [8] 黄艳凤,周庆礼,李士炼,等. 从黑麦麸中提取的阿魏酸的检测[J]. 药物生物技术,2004,11(1):49-51.
- [9] SCHOENLECHNER R, DRAUSINGER J, OTTENSCHLAEGER V, et

各因素对面条品质均具有一定的影响,麸皮最终含水量与叶酸含量极显著相关( $P < 0.01$ ),与WEAX、阿魏酸含量显著相关( $P < 0.05$ );温度与剪切功、WEAX含量极显著相关( $P < 0.01$ ),与煮熟增重率、叶酸和阿魏酸含量显著相关( $P < 0.05$ );时间与阿魏酸含量极显著相关( $P < 0.01$ ),与煮熟增重率、叶酸含量显著相关( $P < 0.05$ );酶添加量与WEAX、叶酸和阿魏酸含量显著相关( $P < 0.05$ )。各因素对面条品质的影响大小为:温度 > 时间 > 麸皮最终含水量 > 酶添加量,可能的原因是酶解过程中麸皮最终含水量和酶添加量条件对麸皮的影响较为复杂,蛋白质等其他组分的变化对面条品质也发挥了一定的作用,相关研究需进一步深入。

al. Functional Properties of Gluten-Free Pasta Produced from Amaranth, Quinoa and Buckwheat [J]. Plant Foods Human Nutrition, 2010,65(4):339-349.

- [10] SB/T 10068—1992, 中华人民共和国行业标准花色挂面[S].
- [11] 田晓红,汪丽萍,谭斌,等. 小米粉含量对小米小麦混合粉及其挂面品质特性的影响研究[J]. 中国粮油学报,2014,29(8):17-22.
- [12] SUBRAMANIYAN S, PREMA P. Biotechnology of microbial xylanases: enzymology, molecular biology, and application[J]. Critical Reviews in Biotechnology, 2002,22(1):33-64.
- [13] 张成龙,郑学玲,刘翀. 木聚糖酶对全麦粉品质的影响研究[J]. 河南工业大学学报,2013,34(4):27-30.
- [14] 杨庭,吴娜娜,王娜,等. 挤压改性糙米—小麦混合粉糊化特性与面条品质关系研究[J]. 粮油食品科技,2014,22(6):6-10.
- [15] 孙小红,郭兴凤. 酶制剂在面条加工中的应用[J]. 粮食加工,2014,39(6):40-44.
- [16] 周素梅,王璋,许时婴. 小麦面粉中阿拉伯木聚糖酶性质的研究(I)水溶性阿拉伯木聚糖的酶解[J]. 2000,15(3):13-17.
- [17] SANTALA O, LEHTINEN P, NORDLUND E, et al. Impact of water content on the solubilisation of arabinoxylan during xylanase treatment of wheat bran[J]. Journal of Cereal Science, 2011,54:187-194.
- [18] 都薇,蔺娜,王彩琴,等. 高效液相色谱法测定小麦粉中烟酸、叶酸含量的探讨[A]. 第一届中国粮油标准质量年会暨中国粮油学会粮油质检研究分会第一次代表大会,2009.
- [19] 薛枫,欧仕益,汪勇,等. 双酶法降解玉米麸皮制备低聚糖和阿魏酸的研究[J]. 粮食与饲料工业,2006(10):17-19. ㊟