

## 小麦鲜面片色泽的影响因素研究

华 为<sup>1</sup>,马传喜<sup>1</sup>,何中虎<sup>2</sup>,司红起<sup>1</sup>

(1. 安徽农业大学农学院,安徽合肥 230036; 2. 中国农业科学院作物育种栽培研究所,北京 100081)

**摘要:** 为了探讨小麦多酚氧化酶(PPO)活性对鲜面片色泽的影响程度,测定了52个小麦样品的鲜面片色泽、面粉色泽、蛋白质含量、硬度、黄色素含量以及PPO活性的差异。相关分析结果表明,鲜面片色泽主要与蛋白质含量、黄色素含量以及PPO活性有关。蛋白质含量是影响面片色泽L\*值的重要因素,与面片放置0 h和24 h的亮度L\*值呈极显著负相关,相关系数分别为-0.85和-0.64;黄色素含量与面片放置0 h和24 h的黄蓝度b\*值呈极显著正相关,r分别为0.88和0.71,与放置0 h、24 h的红绿度a\*值极显著负相关,r分别为-0.58和-0.44,而与L\*值相关不显著;PPO活性与0 h鲜面片的L\*值没有明显相关,但与24 h面片的L\*值呈极显著负相关(相关系数为-0.44~-0.47),与面片放置24 h后L\*值的下降值呈极显著正相关(相关系数为-0.45~-0.55)。因此,鲜面片的初始亮度L\*值与PPO活性无关,主要取决于蛋白质含量,放置24 h后的面片L\*值既取决于蛋白质含量,也取决于PPO活性。

**关键词:** 小麦;面粉色泽;面片色泽;多酚氧化酶活性

**中图分类号:** S512.1;S331

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1009-1041(2007)05-0816-04

## The Factors Affecting Dough Sheet Color of Wheat

HUA Wei<sup>1</sup>, MA Chuan-xi<sup>1</sup>, HE Zhong-hu<sup>2</sup>, SI Hong-qi<sup>1</sup>

(1. Agronomy School of Anhui Agricultural University, Hefei, Anhui 230036, China; 2. Institute of Crop Breeding and Cultivation, Chinese Academy of Agricultural Science, Beijing 100081, China)

**Abstract:** Flour color, protein content, grain hardness, yellow pigment content and changes of dough sheet colour over time of 52 wheat samples were measured to determine the relationship between polyphenol oxidase (PPO) activity and dough sheet colour. The results indicated that colour of dough sheets were highly correlated with protein content, yellow pigment content and PPO activity. Protein content was one of the most important factors and its correlation coefficients with dough brightness L\* at 0 h, 24 h were -0.85 and -0.64, respectively. Yellow pigment content was significantly correlated with dough sheet a\* and b\*. Its correlation coefficients with 0 h b\*, 24 h b\*, 0h a\*, 24 h a\*, were 0.88, 0.71, -0.58 and -0.44, respectively. Dough sheet 0 h L\* had no significant correlation with PPO activity, however, after 24 h storage, PPO activities obtained using different methods were significantly correlated with dough sheet L\* (correlation coefficients of -0.44~-0.47). This suggested that PPO activity were the important factor causing discoloration of dough sheet during storage.

**Key words:** Wheat; Flour colour; Dough sheet colour; Polyphenol oxidase activity

面条、饺子是中国人民的主食,对其加工原料小麦品质的研究已成为农学及食品加工等领域的热点问题。面条类食品对色泽的要求相当严格,

色泽评分一般占总评分的20%~30%<sup>[1]</sup>。影响面条色泽的主要因素是面粉的色泽以及鲜湿面条在加工储放过程中褐变的程度。前者取决于籽粒

收稿日期:2007-02-12 修回日期:2007-04-22

基金项目:国家科技支撑计划项目(2006BAD01A02);农业科技跨越计划项目(2005跨07);948重大国际合作项目(2006-G2b)。

作者简介:华 为(1980-),女,硕士研究生,现在中国农业大学作物遗传育种专业在读博士研究生,主要从事作物品质改良研究。

通讯作者:马传喜(1963-),男,教授,博士生导师,主要从事小麦品质育种研究。

的硬度、蛋白质含量、籽粒饱满度、出粉率和面粉中的色素含量等,后者则取决于面粉中多酚氧化酶(Polyphenol oxidase,简称PPO)的活性<sup>[1~5]</sup>。

小麦粉PPO活性的高低对面条或饺子皮色泽的影响是近年才引起人们注意的问题。McCaig等<sup>[6]</sup>提出了分别以酪氨酸和邻苯二酚作底物的整籽粒PPO活性测定方法。Anderson和Morris<sup>[7,8]</sup>认为以多巴(L-DOPA)为底物的整籽粒PPO活性测定方法对小麦育种中进行大量的品种资源筛选是有效的。但Lee等<sup>[9]</sup>的检测结果表明,采用压碎的籽粒测定的PPO活性与鲜湿面片在放置4h时亮度L\*的下降以及在24h后黄度b\*的增加有关。葛秀秀等<sup>[10]</sup>分析了中国83个主栽品种的面粉PPO活性的变异,结果表明其与面粉白度及放置24h的面团颜色呈显著负相关。

从理论上分析,鲜面片的色泽应该受两方面因素的影响,一是面团固有的色素,如黄色素和蛋白质吸附的一些色素等,二是在面片放置过程中由PPO酶促反应新生成的色素<sup>[1]</sup>。然而这些不同因素重要程度的比较研究却很少报道。本研究从面粉色泽、蛋白质含量、黄色素含量、PPO活性以及鲜面片的色泽变化等方面分析比较小麦PPO活性的作用,以期制订小麦品质育种目标及优质小麦品种资源的筛选提供依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

共52个小麦品种,样品取自2003~2004年小麦生长季节,其中35个来源于安徽农业大学小麦试验圃(合肥),4个来源于安徽方丘湖农场(凤阳),5个来源于安徽霍邱城西湖农场,8个来源于安徽龙亢农场(怀远)。

### 1.2 面粉及面片色泽的测定

按AACC方法用Junior磨磨制面粉。按Morris等的方法<sup>[11]</sup>,取50g面粉,将水分调节到35%,用Ken mix chef和面仪和面制成面团,在Ohtake noodle machine 150 Type压片机上压制成片,用Minolta CR-3 500 d色度仪在25℃恒温下检测面片放置0h、4h和24h时的L\*值(亮度)、a\*值(红绿度)、b\*值(黄蓝度)。6次重复。

### 1.3 PPO活性测定

参照Anderson和Morris<sup>[8]</sup>的方法进行,整籽粒法取15粒种子,全麦粉用0.500g,面粉取

2.000g,两次重复。

### 1.4 小麦品质性状测定

籽粒硬度用单籽粒谷物测定仪(SKCS 4100 single kernel character system)测定;籽粒硬度、蛋白质含量(14%湿基)用近红外分析仪测定。面粉黄色素测定参照AACC14-50方法,按吸光度值A×30.1进行换算。

## 2 结果与分析

### 2.1 供试样品的鲜面片色泽、PPO活性和蛋白质含量等性状的差异

从表1可以看出,52份小麦面粉和面片色泽存在较大差异,存放4h和24h的面片L\*值显著下降,a\*和b\*值明显增加。籽粒PPO活性变化范围为4.1~43.99 Units ( $\Delta A_{475}/g \cdot \min$ ),全麦粉的PPO活性变化范围为6.13~70.43 Units,最大值与最小值之比达到了10倍以上;面粉的PPO活性测定值较低,平均值仅为2.76,主要是因为PPO集中于籽粒的外层,但其变异系数与整籽粒和全麦粉相当。籽粒蛋白质含量、黄色素含量和籽粒硬度均有较大幅度的变异范围。

### 2.2 鲜面片色泽与籽粒硬度、蛋白质含量和黄色素含量等性状的关系

从表2可知,鲜面片初始亮度L\*值和放置24h的亮度L\*值与面粉L\*值呈显著、极显著正相关,与籽粒硬度呈显著、极显著负相关,与籽粒蛋白质含量呈极显著负相关;鲜面片初始红绿度a\*值和放置24h的红绿度a\*值与面粉L\*值、黄色素含量呈极显著负相关,与面粉a\*值、籽粒硬度和蛋白质含量呈极显著正相关;鲜面片初始b\*值和放置24h的b\*值与面粉a\*值呈极显著负相关,与面粉b\*值、黄色素含量呈极显著正相关,与籽粒蛋白质含量呈显著、极显著正相关。

### 2.3 鲜面片色泽与PPO活性的关系

从表3可以看出,鲜面片的初始L\*值与PPO活性相关不显著,4hL\*值与PPO活性的相关性增强,到24h,用不同方法测定的PPO活性均与L\*值达极显著负相关;鲜面片不同时期的a\*值均与PPO活性不相关;鲜面片0h和4hb\*值与整籽粒测定的PPO活性呈显著正相关。

从表4可以看出,PPO活性与0~4h、0~24h和4~24h时间段鲜面片L\*值的变化均呈显著、极显著正相关,尤以4~24h时间段鲜面片L\*值的变化与PPO活性的相关性最强;PPO活

表1 供试样品的鲜面色泽、PPO活性及蛋白质含量等性状的差异

Table1 Variations of dough sheet colour, PPO activity, protein content in tested wheat samples

性状 Traits		平均值 Mean	范围 Range	标准差 SD	变异系数 CV%
鲜面色泽 Dough sheet colour	L* (0 h)	90.30	84.09~92.90	1.61	1.8
	a* (0 h)	-0.31	-2.37~1.15	0.75	241.9
	b* (0 h)	14.50	9.54~23.45	3.16	21.8
	L* (4 h)	84.60	77.34~89.46	2.71	3.2
	a* (4 h)	0.54	-1.75~2.17	0.98	181.5
	b* (4 h)	19.40	12.62~29.93	3.98	20.5
	L* (24 h)	78.10	67.27~86.7	4.61	5.9
	a* (24 h)	1.44	-0.89~4.35	1.07	74.3
	b* (24 h)	20.80	14.0~30.0	4.00	19.2
面粉色泽 Flour colour	L*	89.80	87.0~91.6	1.06	1.2
	a*	0.43	-0.03~0.81	0.20	46.5
	b*	10.10	6.30~13.90	1.83	18.1
籽粒蛋白质含量 Grain protein content (%)		12.30	9.70~15.20	0.85	6.9
籽粒硬度 Kernel hardness		43.10	2.60~82.00	22.30	51.7
面粉黄色素含量 Yellow pigment content of flour (Units)		2.95	1.85~6.10	0.94	31.9
PPO活性 PPO activity (A <sub>475</sub> /g·min)	籽粒 Grain	15.94	4.10~43.99	7.00	43.9
	全麦粉 Wholemeal	34.25	6.13~70.43	16.37	47.9
	面粉 Flour	2.76	0.80~5.54	1.33	48.0

表2 鲜面色泽与籽粒和面粉品质性状的相关性

Table 2 Correlations between colour of fresh dough sheets with grain and flour quality characteristics

籽粒和面粉品质性状 Grain and flour quality characteristics	鲜面色泽 Fresh dough sheet colour						
	L* (0 h)	L* (24 h)	a* (0 h)	a* (24 h)	b* (0 h)	b* (24 h)	
面粉 Flour	L*	0.37**	0.35*	-0.46**	-0.43**	-0.11	-0.20
	a*	-0.19	-0.31*	0.86**	0.74**	-0.67**	-0.49**
	b*	-0.24	-0.12	-0.25	-0.19	0.76**	0.71**
面粉黄色素含量 Yellow pigment content of flour(Units)		-0.18	0.03	-0.58**	-0.44**	0.88**	0.71**
籽粒硬度 Kernel hardness		-0.37**	-0.31*	0.49**	0.44**	0.04	0.23
籽粒蛋白质含量 Grain protein content		-0.85**	-0.64**	0.54**	0.65**	0.35*	0.42**

注: \* , \*\* 分别表示在 0.05 和 0.01 水平上相关显著。表 3、表 4 同。

Note: \* , \*\* mean correlation significant at 5% and 1% levels, respectively. The same are as in table 3 and table 4.

表3 PPO活性与鲜面色泽的关系  
Table 3 Correlations between PPO activities with color of fresh noodle sheets

鲜面色泽 Fresh dough sheet colour	PPO活性 PPO activity		
	整粒籽 Whole seeds	全麦粉 Wholemeal	面粉 Flour
L* (0 h)	-0.23	-0.09	-0.08
L* (4 h)	-0.29*	-0.26	-0.30*
L* (24 h)	-0.44**	-0.47**	-0.44**
a* (0 h)	0.09	0.04	0.08
a* (4 h)	0.07	0.03	0.10
a* (24 h)	-0.07	-0.11	-0.03
b* (0 h)	0.29*	-0.002	0.09
b* (4 h)	0.30*	0.03	0.17
b* (24 h)	-0.01	-0.26	-0.07

表4 PPO活性与鲜面色泽变化的关系  
Table 4 Correlations between PPO activities and change of fresh dough sheets

鲜面色泽变化 Change of fresh dough sheet color	PPO活性 PPO activity		
	整粒籽 Whole seeds	全麦粉 Wholemeal	面粉 Flour
ΔL* (0~4 h)	0.29*	0.38**	0.46**
ΔL* (4~24 h)	0.51**	0.61**	0.50**
ΔL* (0~24 h)	0.45**	0.55**	0.51**
Δa* (0~4 h)	-0.01	-0.03	-0.09
Δa* (4~24 h)	0.46**	0.47**	0.39**
Δa* (0~24 h)	0.26	0.26	0.17
Δb* (0~4 h)	-0.24	-0.08	-0.29*
Δb* (4~24 h)	0.66**	0.60**	0.49**
Δb* (0~24 h)	0.44**	0.49**	0.26

性与 0~4 h 和 0~24 h 鲜面片  $a^*$  值的变化无关,但与 4~24 h 的  $a^*$  值变化呈极显著正相关;PPO 活性与 0~4 h 鲜面片  $b^*$  值的变化呈较弱的负相关,与 4~24 h 的  $b^*$  值呈极显著正相关,与 0~24 h 的  $b^*$  值呈较强的正相关。

### 3 讨论

本研究结果表明,新制作面片的亮度( $L^*$  值)首先取决于蛋白质含量,蛋白质含量升高, $L^*$  值下降。其次,初始  $L^*$  值受面粉色泽和籽粒硬度的影响,与面粉  $L^*$  值呈极显著正相关,与籽粒硬度呈极显著负相关,这可以解释为面团、面粉亮度都与面粉颗粒度有一定关系<sup>[1]</sup>。但新制作面片的  $L^*$  值与黄色素含量、PPO 活性没有明显关系。鲜面片放置过程中色泽会发暗, $L^*$  值显著降低,PPO 活性越高,褐变就越明显。这与已经进行的大量研究结果相符<sup>[1]</sup>。然而,储放 24 h 后的面片,其  $L^*$  值既取决于蛋白质含量,也取决于 PPO 活性,其次还受面粉  $L^*$  值以及籽粒硬度的影响。

面片色泽  $a^*$  值主要受面粉  $a^*$  值的影响,与蛋白质含量、黄色素含量及籽粒硬度也有密切联系。面片  $b^*$  值与面粉  $b^*$  值表现一致,主要受黄色素含量影响,面片在放置过程中, $a^*$ 、 $b^*$  值都增加,而且与 PPO 活性有关,但主要决定于初始值。

明确了影响面片色泽的这些因素间的关系,对小麦面条品质的改良具有重要指导意义。面条品质优良的小麦应在保持适宜蛋白质含量的基础上,着重于改良蛋白质的质量,才能做到口感与色泽的协调。在改善面条色泽方面,尤其要注意降低 PPO 活性。最近的研究报道,小麦 PPO 活性由位于 2A 和 2D 上的主效基因控制,并已开发了相应的 PCR 分子标记,这为通过育种途径改良面条色泽性状奠定了基础<sup>[12~17]</sup>。有关面条的黄色问题,东南亚等地偏好于黄亮的色泽,中国大部分地区则习惯于白亮,但黄和白更多地只是黄色素的含量问题,品种间存在明显的差异<sup>[18]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] Hou H. Oriental noodles. *Advances in Food and Nutrition Research*[J]. 2001,43:142-194.
- [2] Baik B K, Czuchajowska Z, Pomeranz Y. Discoloration of dough for oriental noodles [J]. *Cereal Chemistry*, 1995,72: 198-205.
- [3] Baik B K, Czuchajowska Z, Pomeranz Y. Comparison of polyphenol oxidase in wheats and flours from Australian and U. S. cultivars [J]. *Journal of Cereal Science*, 1994, 19: 291-296.
- [4] Bhattacharya M, Luo Q, Corke H. Time-dependent changes in dough color in hexaploid wheat landraces differing in polyphenol oxidase activity [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1999,47(9):3579-3585.
- [5] Marsh D R, Galliard T. Measurement of polyphenol oxidase activity in wheat-milling fractions [J]. *Journal of Cereal Science*, 1986,4: 241-248.
- [6] McCaig T N. Measuring polyphenol oxidase activity in a wheat breeding program [J]. *Canadian Journal of Plant Science*, 1999,79:507-514.
- [7] Morris C F, Anderson J V. Distribution of PPO activity among a large number of hexaploid wheat genotypes using an improved L-DOPA assay [J]. *Cereal Foods World*, 1998,43: 518-520.
- [8] Anderson J V, Morris C F. An improved whole-seed assay for screening wheat germplasm for polyphenol oxidase activity [J]. *Crop Science*, 2001,41:1697-1705.
- [9] Lee W J, Kim S H, Shelton D R, *et al.* Relationship of wheat polyphenol oxidase activity to color of Asian raw noodles [J]. *Food Science Biotechnology*, 1999,8:361-366.
- [10] 葛秀秀,何中虎,杨金,等. 我国冬小麦品种多酚氧化酶活性的遗传变异及其与品质性状的相关分析[J]. *作物学报*, 2003,29(4):481-485.
- [11] Morris C F, Jeffers H C, Engle D E. Effect of processing, formula and measurement variables on alkaline noodle color-toward an optimized laboratory system [J]. *Cereal Chemistry*, 2000,77:77-85.
- [12] 葛秀秀,张立平,何中虎,等. 冬小麦 PPO 活性的主基因+多基因混合遗传分析[J]. *作物学报*, 2004,30(1):18-20.
- [13] 韩俊,马传喜,司红起,等. 扬麦 158×淮麦 18 组合早代 PPO 活性变异及其遗传分析[J]. *麦类作物学报*, 2006,26(5): 38-41.
- [14] 周娜,马传喜,司红起,等. 小麦两个杂交组合后代 PPO 活性的遗传分析[J]. *安徽农业大学学报*, 2007,27(1):53-56.
- [15] Demeke T, Morris C F, Campbell K G, *et al.* Wheat polyphenol oxidase: distribution and genetic mapping in three Inbred line populations[J]. *Crop Science*, 2001, 41: 1750-1757.
- [16] Demeke T and Morris C F. Molecular characterization of wheat polyphenol oxidase (PPO) [J]. *Theoretical and Applied Genetics*, 2002, 104:813-818.
- [17] Sun D J, He Z H, Xia X C, *et al.* A novel STS marker for polyphenol oxidase activity in bread wheat [J]. *Molecular Breeding*, 2005, 16:209-218.
- [18] He Z H, Yang J, Zhang Y, *et al.* Pan bread and dry white Chinese noodle quality in Chinese winter wheats[J]. *Euphytica*, 2004, 139: 257-267.