动物营养学报 2019,31(9):4331-4338
Chinese Journal of Animal Nutrition

doi:10.3969/j.issn.1006-267x.2019.09.048

饲用小麦熟化度快速鉴定方法的研究

任希艳　赵景鹏　焦洪超　王晓鹃　林　海*

(山东农业大学动物科技学院,泰安 271018)

摘　要: 本试验旨在选择快速、简便的方法,解决生产中小麦的新陈、是否熟化以及新陈掺杂的鉴定问题。试验选用愈创木酚法、四氮唑盐染色法、酸度指示剂法对 7 个品种贮存 1、4、8、10、12、14 周新小麦(济麦 22、烟农 173、烟农 999、良星 77、山农 25、Sh5186、科源 088)以及贮存 1(济麦 21、烟麦 17)、2 年的陈小麦(烟麦 17)进行鉴定。结果表明:愈创木酚法在一定程度上能快速判断出小麦的新陈,但这一方法受品种影响,个别品种新陈小麦染色差异不大。四氮唑盐染色法可鉴别出新小麦是否完成熟化,以及 2 年内同一品种小麦的储存年限。酸度指示剂法能很好地鉴别小麦的新陈、是否完成熟化,也能对新陈掺杂的小麦进行一定区分,但不能区分陈小麦贮存年限。3 种鉴别方法均存在一定的优缺点,生产中应根据实际需要加以选择。

关键词: 小麦;新陈度;愈创木酚法;四氮唑盐染色法;酸度指示剂法

中图分类号:S816　　**文献标识码:**A　　**文章编号:**1006-267X(2019)09-4331-08

小麦作为我国第二大粮食作物,在玉米价格高于小麦一定价格时,畜牧生产中可用小麦代替一定比例玉米,以降低生产成本[1-2]。由于收获 2 个月内的新小麦含有大量非淀粉多糖(NSP),其中可溶性 NSP 可增加消化物黏度,植物细胞壁中的不溶性 NSP 包裹营养物使其难以消化[3-4]。本实验室的前期研究表明熟化后小麦 NSP 含量降低,代谢能升高[5]。因此,鉴定小麦熟化程度可以正确指导小麦的合理利用。目前,国内外许多学者对谷物的新陈度进行了深入的研究,主要有感官鉴定法、发芽率法、愈创木酚法、四氮唑盐染色法、酸度指示剂法、脂肪酸值法、降落数值法、KI 法、近红外光谱技术、电子鼻技术等[6-10]。但是,关于鉴别小麦是否完成熟化尚未有报道。因此,本试验旨在寻找一种鉴定小麦新陈度、熟化程度以及新陈掺杂问题的方法。

1　材料与方法

1.1　材料和试剂

材料:7 种新收获小麦(济麦 22、烟农 173、烟农 999、良星 77、山农 25、Sh5186、科源 088)以及贮存 1(济麦 21、烟麦 17)、2 年的陈小麦(烟麦 17),所有小麦样品均采自山东。

试剂:1%愈创木酚、3%过氧化氢、0.1%四氮唑盐溶液、甲基红、溴百里香酚蓝、无水乙醇、蒸馏水。1%愈创木酚溶液、3%过氧化氢溶液、酸性指示剂原液参照赵建华等[11]配制。

1.2　试验方法

1.2.1　新陈小麦鉴定

1.2.1.1　愈创木酚法

参考何学超等[12]采用的小麦新陈鉴定的方法测定,自小麦样品中取 50 粒饱满、完整、无霉变的麦粒于 15 mL 试管中,加 1%愈创木酚溶液 4 mL,滴加 3%过氧化氢溶液 0.15 mL,振摇 20 s,放置

收稿日期:2019-02-25

基金项目:国家蛋鸡产业技术体系(CARS-40-K09)

作者简介:任希艳(1993—),女,山东青岛人,硕士研究生,从事动物营养与饲料科学研究。E-mail: 1637512836@qq.com

* **通信作者:**林　海,教授,博士生导师,E-mail: hailin@sdau.edu.cn

2.0、2.5、3.0 min 观察小麦籽粒着色情况或溶液颜色变化,确定最佳反应时间。鉴定标准:新鲜小麦的过氧化物酶活性较高,在 1~3 min 内能使无色的愈创木酚溶液转变为红褐色,且有部分麦粒着色;陈化的小麦过氧化物酶活性较低,愈创木酚溶液不变色或者溶液颜色很浅,麦粒小部分着色且着色较浅。

每个小麦样品设置 3 个重复,每个重复 50 粒小麦,进行检测。

1.2.1.2 四氮唑盐染色法

参考杨慧萍等[13]采用的四氮唑盐染色法测定,自小麦样品中取 50 粒饱满、完整、无霉变的麦粒,麦粒沿胚纵切为两半,加入 0.1%四氮唑盐染色液(2,3,5-氯化三苯基四氮唑)4 mL,40 ℃水浴暗处理 25 min,立即用清水冲洗,观察籽粒染色情况,计算染色率。鉴定标准:有活力的麦粒种胚全部染为红色,无活力的麦粒种胚全部不染色或染成浅红色。染色率计算公式如下:

染色率(%)=染为红色小麦籽粒数/小麦籽粒总数。

新陈小麦最佳染色时间确定:为获得明显的籽粒染色差异,区分出相应的贮存年限以及是否熟化,通过预试验对反应时间进行了改进,设置时间梯度为 5、6、7、8 min 对小麦进行上述试验处理,对其着色进行比较,根据新陈小麦籽粒染色率差异,确定最佳染色时间为 8 min。

每个小麦样品设置 3 个重复,每个重复 50 粒小麦,进行检测。

1.2.1.3 酸度指示剂法

参照赵建华等[11]采用的稻谷新陈度快速测定方法中的酸度指示剂法测定,首先确定适合小麦的工作液最佳稀释倍数。将原液与蒸馏水分别按 1∶8、1∶10、1∶12、1∶15 的比例稀释为工作液,取 50 粒完整的小麦样品分别置于试管内,加入 5 mL 工作液,振动后静置 10 min,观察溶液显色情况,确定原液最佳稀释比例为 1∶10。新陈小麦由于新鲜度的不同,工作液颜色呈现绿色到黄色等深浅不等的颜色。

每个小麦样品设置 3 个重复,每个重复 50 粒小麦,进行检测。

1.2.2 新陈小麦掺杂鉴别

利用酸度指示剂法开展新陈小麦掺杂鉴别研究。选取籽粒饱满、无虫害的 7 个品种贮存 4 周的新小麦和 1(烟麦 17、济麦 21)、2 年的陈小麦(烟麦 17),染色 10 min 观察染色液颜色,15 min 记录染为红色、绿色的小麦籽粒数,计算染色率。鉴定标准:新小麦茸毛和皮部染为绿色,陈小麦茸毛和皮部染为红色。由于新小麦籽粒(以 4 周为例)会有部分染为红色,陈小麦籽粒会有部分染为绿色,且它们的比例都小于 10%,为了方便统计只要有红色出现即判定为陈小麦。染色率计算公式如下:

染色率(%)=染为红色或绿色的小麦籽粒数/小麦籽粒总数。

选择 7 个品种贮存 4 周的新小麦分别与贮存 1 年的陈小麦(烟麦 17)按照 1∶9、3∶7、5∶5、7∶3 的比例混合,选取 50 粒完整小麦置于试管内,每个样品 3 个重复,加入稀释比例为 1∶10 的工作液 5 mL,充分振动摇匀后,15 min 记录染为红色、绿色的小麦籽粒数,计算染色率。

1.2.3 小麦新陈度的定量测定

选取 7 个品种贮存 1~14 周的新小麦及贮存 1、2 年的陈小麦(均为烟麦 17),每个样品 3 个重复,选取 50 粒完整小麦样品置于试管内,加入蒸馏水 5 mL,充分振动摇匀后,每隔 10 min 测定 1 次水浸液的 pH,连续测定 6 次,记录试验数据。

7 个品种贮存 4 周的新小麦分别与贮存 1 年的陈小麦(烟麦 17)按照 1∶9、3∶7、5∶5、7∶3 的比例混合,重复上述操作步骤,记录水浸液的 pH。

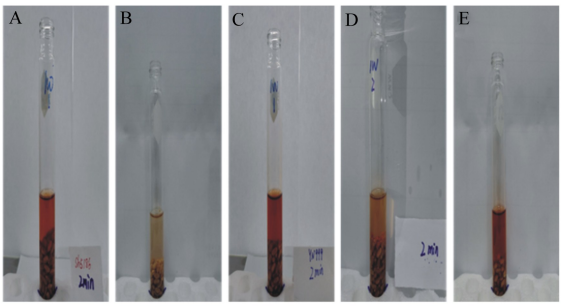
1.3 数据统计分析

试验数据采用 SAS 9.1.3 统计软件进行单因素方差分析,各平均值之间用 Duncan 氏法进行多重比较。试验数据用平均值±标准差表示,$P<0.05$ 为差异显著。

2 结果与分析

2.1 愈创木酚法鉴别小麦新陈

如图 1 所示,新小麦染色快且颜色深,溶液及胚部呈棕红色(图 1-A、图 1-C);陈小麦染色慢且颜色浅(图 1-B),小麦染色在 2 min 时最便于观察。新小麦因品种不同而显色的速度与显色程度存在一定差异(图 1-C、图 1-D)。济麦 21 有 1 个重复(图 1-E)的染色液颜色和显色时间与新小麦差异不明显,甚至与新小麦一致,有 1 个重复的染色液颜色和显色时间与新小麦差异明显(图 1-B)。济麦 21 染色液颜色和显色时间与新小麦 Sh5186 差异明显(图 1-B、图 1-A)。



A:Sh5186(1 周)染色 2 min;B、E:济麦 21(1 年)染色 2 min;C:烟农 999(1 周)染色 2 min;D:烟麦 17(1 周)染色 2 min。

A: Sh5186 (1 week) was dyed for 2 min; B, E: *Jimai* 21 (1 year) for 2 min; C: *Yannong* 999 (1 week) for 2 min; D: *Yanmai* 17 (1 week) for 2 min.

图 1　愈创木酚法鉴别小麦新陈

Fig.1　Identification of fresh and aged wheat by guaiacol method

2.2　四氮唑盐染色法鉴定小麦新陈

由表 1 和表 2 可知,0.1%四氮唑盐染色液染色 25 min 时,不同贮存阶段的新小麦(1~14 周)籽粒染色率为 99%~100%。烟麦 17(1 年)、济麦 21(1 年)籽粒染色率在 88%~90%、88%~100%,平均值分别为 88.67%、93.00%;烟农 17(2 年)籽粒染色率在 74%~86%,平均值为 78.67%。

0.1%四氮唑盐染色液染色 8 min 时,1~8 周新小麦籽粒染色率为 92%~96%,10~14 周新小麦籽粒染色率为 77%~85%,烟麦 17(1 年)和济麦 21(1 年)籽粒染色率分别为 46%~65%、40%~80%,平均值分别为 56.67%、62.67%;烟农 17(2 年)籽粒染色率为 2%~6%,平均值为 4.33%。因此,小麦籽粒在 40 ℃反应 8 min 时,能够区分出 8 周内新小麦与贮存 10 周至 1 年的小麦(即已经熟化的小麦);相同品种不同贮存年限的小麦染色率差距明显,即能够区分出不同贮存年限的小麦。

表 1　四氮唑盐染色法测定不同品种新小麦籽粒染色率

Table 1　Dyeing rate of different varieties of fresh wheat by triphenyl tetrazolium chloride method　　%

贮存时间 Storage time/周	染色时间 Staining time/min	科源 088 *Keyuan* 088	山农 25 *Shannong* 25	良星 77 *Liangxing* 77	烟农 173 *Yannong* 173	Sh5186	济麦 22 *Jimai* 22	烟农 999 *Yannong* 999	*P* 值 *P*-value
1	25	99.67±0.33	99.33±0.33	99.67±0.33	99.67±0.33	100.00±0.00	99.67±0.33	99.33±0.33	0.758 3
	8	94.00±1.53	94.33±1.45	94.00±0.58	95.67±0.88	93.00±1.00	95.33±0.33	94.00±1.00	0.623 8
4	25	99.67±0.33	99.67±0.33	99.33±0.33	99.67±0.33	99.67±0.33	99.33±0.33	99.00±0.00	0.638 9
	8	93.00±1.00	92.33±0.33	92.67±0.88	94.33±0.33	92.67±1.20	94.33±0.88	93.67±1.76	0.688 9
8	25	99.67±0.33	99.00±0.00	99.33±0.33	99.00±0.00	99.67±0.33	99.67±0.33	99.67±0.33	0.333 0
	8	92.67±1.20	93.67±1.15	92.00±0.58	93.33±1.30	92.33±1.33	93.67±1.21	93.33±1.45	0.920 7
10	25	99.33±0.33	99.33±0.33	99.67±0.33	99.33±0.33	99.00±0.00	99.33±0.33	99.33±0.33	0.874 1
	8	83.00±1.15	82.67±0.88	85.00±0.58	82.00±1.00	83.67±0.33	83.33±1.20	82.33±1.20	0.419 6
12	25	99.33±0.33	99.67±0.33	99.00±0.00	99.33±0.33	99.33±0.33	99.00±0.00	99.67±0.33	0.501 4
	8	81.67±0.88	80.00±0.58	82.33±0.88	80.33±0.88	80.67±1.86	81.00±1.15	79.67±1.20	0.657 4
14	25	99.00±0.00	99.33±0.33	99.33±0.33	100.00±0.00	99.67±0.33	99.00±0.00	99.33±0.33	0.133 8
	8	80.33±1.45	79.67±1.20	80.00±2.08	77.33±0.33	79.00±1.15	78.00±0.58	79.33±1.20	0.626 5

同行数据肩标不同字母表示差异显著($P<0.05$)。表 2、表 3、表 4、表 5、表 7 同。

Values with different letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$). The same as Table 2, Table 3, Table 4, Table 5 and Table 7.

2.3　酸度指示剂法鉴别小麦新陈

2.3.1　小麦新陈度的定性测定

用酸度指示剂对小麦籽粒处理 10 min 时,新陈小麦染色液差异明显,新小麦染色液为绿色,陈小麦染色液为橙色。如图 2 所示,贮存 1、2 年的陈小麦染色液均为橙色,差异不明显(图 2-A、图 2-B);新小麦 1、12 周染色液深浅差异明显(图 2-B)。所以酸度指示剂法能很好地判断小麦的新陈,但区分不出具体的贮存年限。

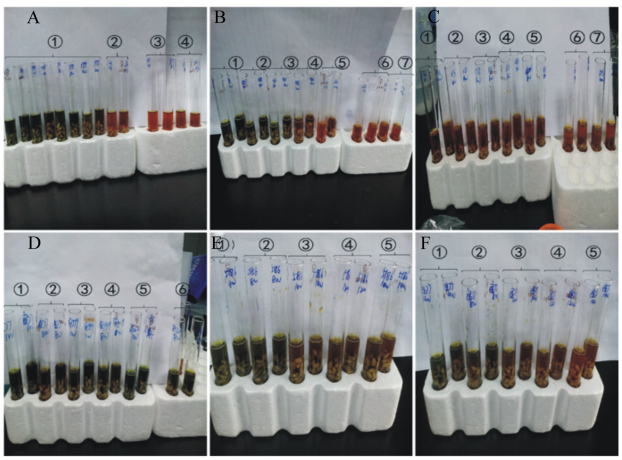
除了烟农 173 染色慢且 1~14 周染色液均呈褐色外(图 2-C),其他 6 个品种的小麦均有明显的颜色差异:前 8 周染色液均为橄榄土褐色/深绿

色(图 2-D),从第 10 周开始至第 14 周均呈褐绿色(图 2-E、图 2-F),1、2 年小麦染色液均呈橙色,新陈小麦染色液差异明显。

表 2 四氮唑盐染色法测定不同品种陈小麦籽粒染色率

Table 2 Dyeing rate of different varieties of aged wheat by triphenyl tetrazolium chloride method %

项目 Items		烟麦 17 *Yanmai* 17	济麦 21 *Jimai* 21	烟麦 17 *Yanmai* 17	*P* 值 *P*-value
贮存时间 Storage time		1 年	1 年	2 年	
染色时间	25 min	88.67±0.67^{ab}	93.00±3.61^{a}	78.67±3.71^{b}	0.037 6
Staining time	8 min	56.67±5.61^{a}	62.67±11.85^{a}	4.33±1.20^{b}	0.003 0



A:①为新小麦(4~12 周),②为济麦 21(1 年),③为烟麦 17(1 年),④为烟麦 17(2 年);B:①为新小麦(1 周),②为新小麦(4 周),③为新小麦(8 周),④为新小麦(12 周),⑤为济麦 21(1 年),⑥为烟麦 17(1 年),⑦为烟麦 17(2 年);C:①为烟农 173(1 周),②为烟农 173(4 周),③为烟农 173(6 周),④为烟农 173(7 周),⑤为烟农 173(8 周),⑥为烟农 173(14 周),⑦为烟农 173(10 周);D:①为良星 77(1 周),②为良星 77(8 周),③为烟农 999(1 周),④为烟农 999(8 周),⑤为济麦 22(1 周),⑥为济麦 22(8 周);E:①为 Sh5186(4 周);②为 Sh5186(8 周),③为 Sh5186(10 周),④为 Sh5186(12 周),⑤为 Sh5186(14 周);F:①为良星 77(4 周),②为良星 77(8 周),③为良星 77(10 周),④为良星 77(12 周),⑤为良星 77(14 周)。

A: ① was fresh wheat (4 to 12 weeks), ② was *Jimai* 21 (1 year), ③ was *Yanmai* 17 (1 year), ④ was *Yanmai* 17 (2 years); B: ① was fresh wheat (1 week), ② was fresh wheat (4 weeks), ③ was fresh wheat (8 weeks), ④ was fresh wheat (12 weeks), ⑤ was *Jimai* 21 (1 year), ⑥ was *Yanmai* 17 (1 year), ⑦ was *Yanmai* 17 (2 years); C: ① was *Yannong* 173 (1 week), ② was *Yannong* 173 (4 weeks), ③ was *Yannong* 173 (6 weeks), ④ was *Yannong* 173 (7 weeks), ⑤ was *Yannong* 173 (8 weeks), ⑥ was *Yannong* 173(14 weeks), ⑦ was *Yannong* 173 (10 weeks); D: ① was *Liangxing* 77 (1 week), ② was *Liangxing* 77 (8 weeks), ③ was *Yannong* 999 (1 week), ④ was *Yannong* 999 (8 weeks), ⑤ was *Jimai* 22 (1 week), ⑥ was *Jimai* 22 (8 weeks); E: ① was Sh5186 (4 weeks), ② was Sh5186 (8 weeks), ③ was Sh5186 (10 weeks), ④ was Sh5186 (12 weeks), ⑤ was Sh5186 (14 weeks); F: ① was *Liangxing* 77 (4 weeks), ② was *Liangxing* 77 (8 weeks), ③ was *Liangxing* 77 (10 weeks), ④ was *Liangxing* 77 (12 weeks), ⑤ was *Liangxing* 77 (14 weeks).

图 2 酸度指示剂法鉴别小麦新陈

Fig.2 Identification of fresh and aged wheat by acidity indicator method

由表 3 可知,样品全部为陈小麦时,籽粒染为绿色的染色率为 4%~6%、染为红色的染色率为 94%~96%;籽粒全部为新小麦时,染为绿色的染色率为 94%~96%、染为红色的染色率为 4%~6%。

由表 4 可知,新陈小麦比例分别为 1∶9、3∶7、5∶5、7∶3 时,小麦籽粒染为红色的染色率分别为

10%~18%、29%~43%、46%~52%、65%~73%,平均值分别为 13.14%、33.00%、48.43%、69.86%。结果提示,新陈小麦掺杂比例可根据染为红色、绿色的籽粒数来确定,新小麦比例越高,染为绿色的籽粒数越多,陈小麦的比例越高,染为红色的籽粒数越多。

由表 5 可知,新陈小麦掺杂比例不同,水浸液 pH 有显著差异($P<0.05$)。

表 3　酸度指示剂法测定新陈小麦籽粒染色率

Table 3　Dyeing rate of fresh and aged wheat by acidity indicator method　%

项目 Items	科源 088 *Keyuan* 088	山农 25 *Shannong* 25	良星 77 *Liangxing* 77	烟农 173 *Yannong* 173	Sh5186	济麦 22 *Jimai* 22	烟农 999 *Yannong* 999	烟麦 17 *Yanmai* 17	济麦 21 *Jimai* 21	烟麦 17 *Yanmai* 17	*P* 值 *P*-value
贮存时间 Storage time	4 周	4 周	4 周	4 周	4 周	4 周	4 周	1 年	1 年	2 年	
红色 Red	5.33 ±0.67^{c}	4.67 ±0.33^{c}	6.33 ±0.67^{c}	6.67 ±0.88^{c}	5.00 ±0.58^{c}	6.00 ±0.58^{c}	5.67 ±0.88^{c}	94.33 ±0.33^{ab}	94.00 ±0.58^{b}	96.00 ±0.00^{a}	<0.000 1
绿色 Green	94.67 ±0.67^{a}	95.33 ±0.33^{a}	93.67 ±0.67^{a}	93.33 ±0.88^{a}	95.00 ±0.58^{a}	94.00 ±0.58^{a}	94.33 ±0.88^{a}	5.67 ±0.33^{bc}	6.00 ±0.58^{b}	4.00 ±0.00^{c}	<0.000 1

表 4　酸度指示剂法测定不同新陈比例小麦籽粒染色率

Table 4　Dyeing rate of mixed samples with fresh and aged wheat by acidity indicator method　%

项目 Items	新陈比例 Fresh wheat to aged wheat ratios				*P* 值 *P*-value
	1 :9	3 :7	5 :5	7 :3	
红色 Red	13.14±1.16^{d}	33.00±1.73^{c}	48.43±0.90^{b}	69.86±0.94^{a}	<0.000 1
绿色 Green	86.86±1.16^{a}	67.00±1.73^{b}	51.57±0.90^{c}	30.14±0.94^{d}	<0.000 1

表 5　不同新陈比例小麦水浸液 pH

Table 5　pH of aqueous solution of mixed samples with fresh and aged wheat

项目 Item	新陈比例 Fresh wheat to aged wheat ratios				*P* 值 *P*-value
	1 :9	3 :7	5 :5	7 :3	
pH	6.11±0.06^{d}	6.26±0.05^{c}	6.42±0.04^{b}	6.62±0.04^{a}	<0.000 1

2.3.2　小麦新陈度的定量测定

由表 6 可知,不同品种小麦水浸液 pH 有较大差异,Sh5186 在 1~14 周各贮存阶段的 pH 均最高,显著高于其他品种($P<0.05$);山农 25 与烟农 173 在各阶段的 pH 最接近;各品种小麦在不同的贮存阶段 pH 没有统一的变化规律。

由表 7 可知,新陈小麦的 pH 差异显著($P<0.05$),1~14 周新小麦 pH 在 7.04~7.88,平均值为 7.39,陈小麦 pH 在 6.30~6.50。

对新陈掺杂的小麦染色发现:小麦新陈比例低于 3:7(包括 3:7)时,染色液的颜色接近陈小麦染色液,比例越低越接近;新陈小麦比例大于 5:5 时,染色液的颜色接近新小麦染色液,比例越高越接近(图 3)。

3　讨　论

3.1　小麦新陈度的鉴别方法

愈创木酚法鉴别小麦新陈的结果与张素苹[6]、何学超等[12]及王晓琼等[9]试验结果一致,新小麦籽粒染色快、颜色深且染色面积大,染色液显色快且颜色深,表明愈创木酚法在一定程度上能快速判断出小麦的新陈,但是重复性上存在一定的问题。相邻年份的小麦或介于新陈过渡的样品有时会出现染色差异不明显。这可能是由于小麦品种、贮存条件、贮存方法等的差异使得小麦中过氧化氢酶活性不同造成的[14]。过氧化氢酶活性越高,粮食越新鲜,产物的颜色越深。

表 6 不同品种新小麦 pH

Table 6 pH of different varieties of fresh wheat

贮存时间 Storage time/周	科源 088 *Keyuan* 088	山农 25 *Shannong* 25	良星 77 *Liangxing* 77	烟农 173 *Yannong* 173	Sh5186	济麦 22 *Jimai* 22	烟农 999 *Yannong* 999	*P* 值 *P*-value
1	$7.46\pm0.02^{d,X}$	$7.33\pm0.03^{c,X}$	$7.74\pm0.04^{b,W}$	$7.43\pm0.04^{d,W}$	$7.88\pm0.03^{a,W}$	$7.55\pm0.02^{c,W}$	$7.37\pm0.04^{de,W}$	<0.000 1
4	$7.55\pm0.01^{c,W}$	$7.42\pm0.04^{d,W}$	$7.68\pm0.02^{b,WX}$	$7.31\pm0.01^{e,WX}$	$7.81\pm0.03^{a,W}$	$7.38\pm0.01^{d,Y}$	$7.38\pm0.02^{d,W}$	<0.000 1
8	$7.43\pm0.01^{c,X}$	$7.30\pm0.03^{d,X}$	$7.58\pm0.08^{ab,XY}$	$7.28\pm0.03^{d,XY}$	$7.84\pm0.02^{a,W}$	$7.38\pm0.02^{c,X}$	$7.38\pm0.02^{c,W}$	<0.000 1
10	$7.56\pm0.02^{ab,W}$	$7.10\pm0.03^{d,Z}$	$7.58\pm0.05^{ab,XY}$	$7.15\pm0.05^{d,YZ}$	$7.61\pm0.05^{a,X}$	$7.35\pm0.02^{c,X}$	$7.35\pm0.02^{c,W}$	<0.000 1
12	$7.45\pm0.04^{b,X}$	$7.20\pm0.01^{d,Y}$	$7.46\pm0.04^{b,Y}$	$7.22\pm0.10^{cd,YZ}$	$7.62\pm0.03^{a,X}$	$7.24\pm0.03^{cd,Y}$	$7.24\pm0.03^{cd,X}$	<0.000 1
14	$7.44\pm0.04^{c,X}$	$7.04\pm0.02^{e,Z}$	$7.50\pm0.02^{b,Y}$	$7.09\pm0.01^{e,Z}$	$7.59\pm0.02^{a,X}$	$7.26\pm0.01^{d,X}$	$7.26\pm0.01^{d,X}$	<0.000 1
P 值 *P*-value	0.001 9	<0.000 1	0.002 8	0.000 6	<0.000 1	<0.000 1	0.000 2	

同行数据肩标不同字母(a、b、c、d、e)表示同一时间不同品种间差异显著($P<0.05$);同列数据肩标不同字母(w、x、y)表示同一品种不同时间间差异显著($P<0.05$)。

Values with different letter superscripts (a, b, c, d, e) in the same row mean significant difference in the same time between different varieties ($P<0.05$); values with different letter superscripts (w, x, y) in the same column mean significant difference in the same variety between different time ($P<0.05$).

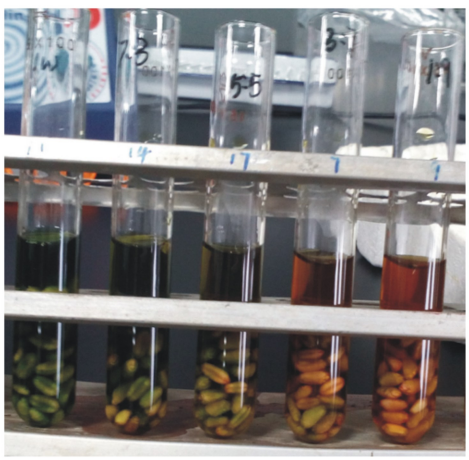
表 7 新陈小麦 pH 比较

Table 7 Comparison of pH of fresh and aged wheat

项目 Item	贮存时间 Storage time			*P* 值 *P*-value
	1~14 周 1 to 14 weeks	1 年 1 year	2 年 2 years	
pH	7.39 ± 0.06^{a}	6.30 ± 0.05^{c}	6.50 ± 0.02^{b}	<0.000 1

本试验中小麦籽粒用四氮唑盐染色法在40 ℃反应 25 min 时,1~14 周新小麦籽粒染色率为99%~100%,对于贮存时间相同但品种不同的 1 年小麦籽粒染色率有很大变化幅度。而杨慧萍等[13]对贮存 1 年 5 个月的小麦的籽粒进行试验,染色率为 100%,这可能与小麦品种、籽粒成熟度和贮藏条件差异导致胚细胞中脱氢酶活性不同有关。杨慧萍等[13]对贮存 1 年 5 个月的小麦在 40 ℃条件下进行人工陈化 50 d,每间隔 10 d 用四氮唑盐对小麦进行染色,发现人工陈化 40 d(相当于正常贮存 2 年)的籽粒染色率为 78%,与本试验结果一致。

酸度指示剂法是基于粮食酸度的不同,与指示剂反应会出现不同的颜色,由此来鉴别小麦新陈度的一种方法。本试验中,小麦按照新鲜度由高到低,指示剂的颜色会出现由绿色到橙色的变化,这与王晓琼等[9]、何学超等[12]试验结果一致。赵建华等[11]对糙米的 pH 进行测定,发现新鲜糙米水浸液的 pH 在 7.0 左右,发生一定劣变的 pH 在 6.8 左右,严重陈化的 pH 在 6.4 左右,新小麦与新鲜糙米浸液的 pH 基本一致,发生劣变或陈化的小麦与糙米的 pH 有一定的差异,这可能由于谷物的品种不同有关。



从左到右依次为:1 周新小麦;新∶陈=7∶3;新∶陈=5∶5;新∶陈=3∶7;新∶陈=1∶9。

From left to right: 1 week fresh wheat; fresh ∶aged = 7 ∶3; fresh ∶aged=5∶5; fresh ∶aged=3∶7; fresh ∶aged=1∶9.

图 3 酸度指示剂法对新陈掺杂小麦的鉴定

Fig.3 Identification of fresh and aged mixed wheat by acidity indicator method

3.2　对新陈小麦熟化度的鉴定

愈创木酚法能够鉴别新收获 2 个月前后的新麦,并不能用来鉴定小麦是否完成熟化,这与何学超等[12]、张素苹[6]和王晓琼等[9]的研究结果一致。这是由于不同贮存时间的小麦过氧化氢酶活性的差异,用此法难以从颜色上鉴别出来。

杨慧萍等[13]用四氮唑盐染色法能够对在人工陈化的条件下、贮藏间隔期较短的小麦陈化度进行灵敏的鉴别。本试验在原来试验条件的基础上进一步改进试验条件,能够区分出小麦是否熟化以及相同品种不同贮存年限的小麦。这可能是由于小麦贮存时间越短,其胚内脱氢酶活性越高,还原能力越强。

利用粮食随贮藏时间的延长而 pH 降低的特点,赵建华等[11]用酸度指示剂法对稻谷的新陈度进行测定,根据染色剂颜色的不同即可判断出稻谷的新陈。本试验对小麦的贮存时间进行了细化,除个别品种小麦不能用酸度指示剂法鉴定是否熟化外,其他品种小麦均能用此法鉴别小麦是否熟化。

4　结　论

① 新小麦因品种不同染色的速度与显色程度存在一定差异。愈创木酚法在一定程度上能判断出小麦的新陈,但有的品种新小麦会出现染色较浅、陈小麦染色较深的现象,应结合小麦的感官性状加以区分。

② 用四氮唑盐染色法可鉴别出 2 个月内新小麦是否完成熟化以及相同品种不同贮存年限(2 年内)的小麦。

③ 应用酸度指示剂法能很好地鉴别小麦的新陈、是否完成熟化,也能对新陈掺杂的小麦进行一定区分,但区分不出陈小麦具体的贮存年限。

④ 各鉴别方法目前都存在一定的优缺点,愈创木酚法和四氮唑盐染色法用到的愈创木酚和四氮唑盐价格昂贵,酸度指示剂法用到的染色液廉价易得,因此,生产中应根据实际需要加以选择。

参考文献:

[1] HAN T H, HONG J S, FANG L H, et al. Effects of wheat supplementation levels on growth performance, blood profiles, nutrient digestibility, and pork quality in growing-finishing pigs[J]. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 2017, 30(8): 1150-1159.

[2] MATEO C D, CARAAN C M, ACORDA J A. Wheat and sorghum can substitute for corn in layer diets[J]. Philippine Agricultural Scientist, 2002, 85(4): 365-371.

[3] JAWORSKI N W, LÆRKE H N, BACH KNUDSEN K E, et al. Carbohydrate composition and *in vitro* digestibility of dry matter and nonstarch polysaccharides in corn, sorghum, and wheat and coproducts from these grains[J]. Journal of Animal Science, 2015, 93(3): 1103-1113.

[4] VELDMAN A, VAHL H A. Xylanase in broiler diets with differences in characteristics and content of wheat[J]. British Poultry Science, 1994, 35(4): 537-550.

[5] 马宁.蛋鸡品种与谷物水分对玉米、小麦代谢能值影响的研究[D].硕士学位论文.泰安:山东农业大学, 2016: 5-11.

[6] 张素苹.小麦新陈的鉴别[J].食品科技, 2012, 37(10): 135-138.

[7] 杨慧萍,宋伟,袁建,等.小麦陈化度鉴别方法初探[J].中国粮油学报, 2004, 19(6): 23-26.

[8] 庞林江,王俊,路兴花.电子鼻判别小麦陈化年限的检测方法研究[J].传感技术学报, 2007, 20(8): 1717-1722.

[9] 王晓琼,赵江涛,陈丽.新陈小麦鉴别方法的研究[J].饲料广角, 2012(24): 48-49.

[10] 渠琛玲,王红亮,刘胜强,等.稻谷新鲜度分析技术研究进展[J].食品工业, 2017, 38(10): 195-199.

[11] 赵建华,许明辉,林镇清.稻谷新陈度的快速测定方法的研究[J].粮食贮藏, 2010, 39(4): 42-47.

[12] 何学超,郭道林,冯永建,等.小麦新陈快速鉴别方法的研究[J].粮食储藏, 2006, 35(1): 42-45.

[13] 杨慧萍,吴梅干,古柳波.应用四氮唑盐染色法判断小麦新陈度[J].面粉通讯, 2004(4): 44-47.

[14] 王华芳,展海军.小麦过氧化氢酶活动度的研究[J].粮油食品科技, 2010, 18(2): 4-6.

Methods for Rapid Identification of Fresh and Aged Wheats

REN Xiyan ZHAO Jingpeng JIAO Hongchao WANG Xiaojuan LIN Hai
(*College of Animal Science and Technology*, *Shandong Agricultural University*, *Tai'an* 271018, *China*)

Abstract: The purpose of this study is to select a quick and easy method to solve the problem of the newness, maturity and mixing identification of the wheat. Guaiacol method, triphenyl tetrazolium chloride method and acidity indicator method were used for the identification of seven breeds of new harvest wheat stored for 1, 4, 8, 10, 12 and 14 weeks (*Jimai* 22, *Yannong* 173, *Yannong* 999, *Liangxing* 77, *Shannong* 25, Sh5186 and *Keyuan* 088) and two wheat samples stored for one (*Jimai* 21 and *Yanmai* 17) and two years (*Yanmai* 17). The results showed that guaiacol method could quickly identify the freshness of wheat, but the staining was influenced by the variety of wheat. Triphenyl tetrazolium chloride method could identify whether the new wheat had matured or not, and the storage time of the same variety of wheat within two years. The acidity indicator method could well identify the freshness and ripeness of wheat, but it could not distinguish the storage time of wheat. For the three methods, each has advantages and shortcomings. In practice, the method can be selected according to the actual needs. [***Chinese Journal of Animal Nutrition***, **2019**, **31**(**9**):**4331-4338**]

Key words: wheat; fresh and aged; guaiacol method; triphenyl tetrazolium chloride method; acidity indicator method

* Corresponding author, professor, E-mail: hailin@sdau.edu.cn

(责任编辑 陈 鑫)