

马铃薯抗褐变种质资源的鉴定与筛选

王海艳, 王立春, 李凤云, 田国奎, 姜树宝, 李成君, 郝智勇

(黑龙江省农业科学院克山分院/农业部马铃薯生物学与遗传育种重点实验室, 克山 161606)

摘要: 筛选抗褐变马铃薯基因, 创造抗褐变新种质, 培育抗褐变马铃薯新品种, 旨在通过育种技术手段解决马铃薯加工中褐变现象。选用目前育种资源材料 275 份, 通过测定褐化指数、褐化强度、煮后变褐 3 个指标来筛选抗褐变材料。结果表明: (1) 对褐化指数进行聚类分析, 第 I 类为高抗褐变材料, 褐化指数 0.00 ~ 16.67, 13 份材料; 第 II 类为抗褐变材料, 褐化指数 25.00 ~ 37.50, 14 份材料; 第 III 类为耐褐变材料, 褐化指数 41.67 ~ 54.17, 20 份材料; 第 IV 类为易褐变材料, 褐化指数 62.50 ~ 83.33, 50 份材料; 第 V 类为严重褐变材料, 褐化指数为 87.50 ~ 100.00, 178 份材料。(2) 将 30 °C 褐化 20 min 时心部褐化强度小于 0.25, 4 °C 放置 24 h 后, 变化值不超过 0.15 的材料筛选出来, 作为抗褐变材料。通过褐化强度试验共筛选出材料 25 份。(3) 马铃薯煮后变褐高值为 9, 低值为 5, 大部分品种均可用于鲜食消费。通过 3 个指标最终筛选出高抗褐变材料 4 份, 云薯 501、CIP395109.29、CIP393615.6、云薯 401; 抗褐变材料 4 份, 讷河高淀粉、CIP397100.9、克 200950-3、s. goniocalyx。这些材料可作为抗褐变马铃薯新品种选育的基础材料。

关键词: 马铃薯; 褐变; 褐化指数; 褐化强度

Identification and Selection for Potato Anti-browning Germplasm Resources

WANG Hai-yan, WANG Li-chun, LI Feng-yun, TIAN Guo-kui,

LOU Shu-bao, LI Cheng-jun, HAO Zhi-yong

(Keshan Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences/Potato Biology and Genetics Key
Laboratory of Ministry of Agriculture of the People's Republic of China, Keshan 161606)

Abstract: The objective of this study was to select anti-browning potato gene and create new anti-browning potato germplasm resources, further to breed new anti-browning potato varieties. We hoped to use breeding technology to solve the browning phenomenon in potato processing 275 breeding varieties were selected as test materials. To select anti-browning varieties, we mensurated the three indexes, browning index, browning degree and ACD. (1) The cluster analysis of browning index showed that the varieties can be divided into 5 types. The first type was higher anti-browning material, browning index 0.00 ~ 16.67, 13 materials; the second type was high anti-browning material, browning index 25.00 ~ 37.50, 14 materials; the third type was anti-browning material, browning index 41.67 ~ 54.17, 20 materials; the fourth type was browning material, browning index 62.5 ~ 83.33, 50 materials; the fifth type was the complete browning material, browning index was 87.50 ~ 100.00, 178 materials. (2) Browning degree of potato heart was less than 0.25 when browning time was 20 min for 30 °C, and after 4 °C for 24 h the variation value was no more than 0.15, which can be selected as anti-browning resources. A total of 25 materials were selected by browning degree. (3) Most potato resources can be used for fresh food consumption. The maximum value of ACD was 9, and the minimum was 5. There were 4 higher anti-browning materials, Yunshu 501, CIP395109.29, CIP393615.6, Yunshu 401; 4 high anti-browning materials, Nehegaodianfen, CIP397100.9, Ke200950-3, s. goniocalyx.

收稿日期: 2017-07-27 修回日期: 2017-08-31 网络出版日期: 2018-02-09

URL: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20180209.0905.027.html>

基金项目: 黑龙江省农业科技创新工程(2014QN003); 农业部“948”项目(2015-Z52); 国家科技支撑计划(2012BAD02B05); 黑龙江省应用技术研究与开发(GA15B102-03); 齐齐哈尔市农业公关项目(NYGG-201504)

第一作者研究方向为马铃薯遗传育种。E-mail: shuangyu_1986@126.com

通信作者: 王立春, 研究方向为马铃薯遗传育种。E-mail: potato2008@126.com

lyx. These 8 selected materials can be used as the basic material for breeding new potato anti-browning varieties.

Key words: potato; browning; browning index; browning degree

马铃薯作为我国继水稻、小麦、玉米之后的第四大粮食作物,2014 年马铃薯种植面积达到 580 万 hm^2 左右,对保障国家粮食安全、顺应国人营养需求、缓解资源环境压力,有着其他作物不可替代的作用。同时因其营养全面,马铃薯鲜切产品、薯条、薯片及马铃薯淀粉制品等越来越受到人们的喜爱。

但作为食品加工原料马铃薯在贮藏和加工过程中,非酶褐变和酶促褐变^[1]两类褐变现象时常发生,制品的营养、风味和外观品质受到影响,商品价值随之降低^[2-4],而且生成的黑色物质不溶于水,人体很难将其消化吸收^[5]。马铃薯发生酶促褐变的最主要酶类是 PPO^[6-7],PPO 主要集中在表皮下薯肉中和芽眼处。非酶褐变不需要酶的参与,在炸制薯条、薯片过程中,其颜色变黑就属于非酶褐变。

加工企业为了解决加工过程中褐变问题,越来越多的抗褐变剂被用于马铃薯加工中^[8-9],这不仅破坏了马铃薯的营养成分,而且增加了企业成本,同

时还会导致一系列的食品安全问题。为此,利用育种技术手段解决马铃薯加工过程中抑制褐变现象已成为一项重要的研究课题。本研究对 275 份材料的抗褐变能力进行了评价,采用 3 种方法去综合评价及筛选抗褐变的材料,筛选出的材料作为抗褐变的基础材料,进而构建抗褐变的群体,从中筛选并产生新的抗褐变的品种。选育抗褐变品种,不仅能减少加工企业抗褐变抑制剂的使用,减少成本,而且不会产生食品安全问题,对马铃薯加工业的发展是极其有利的。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验材料共计 275 份,来源于黑龙江省农业科学院克山分院。马铃薯块茎收获后,选择大小均匀、新鲜、无病虫害、无损伤的块茎作为试验材料,材料统计见表 1。

表 1 供试材料

Table 1 Varieties tested in this study

编号 Code	名称 Name	编号 Code	名称 Name	编号 Code	名称 Name	编号 Code	名称 Name
1	CIP393615. 6	23	BE200170 - 10	45	克 200961 - 5	67	克新 22 号
2	东农 00 - 33048	24	CIP395109. 29	46	KURODA	68	DY4 - 5 - 10
3	гибрид 59/м - 69	25	Реро 416	47	朱可夫	69	克新 17 号
4	中薯 6 号	26	никунский	48	spunta	70	CIP393617. 1
5	гибрид 728 - 6	27	Lt - 5	49	青薯 9 号	71	GaRant (марайм)
6	成功	28	延 2005 - 1	50	Delta	72	讷 16
7	выток	29	延薯 3 号	51	CIP391180. 6	73	云薯 505
8	呼 H99 - 9	30	陇薯 3 号	52	гибрид 59/м - 56	74	抗疫白
9	Максимум	31	Реро 418	53	东农 0733 - 125	75	波 BR
10	中薯 12 号	32	CIP396004. 263	54	CIP395434. 1	76	克 200904 - 37
11	卡它丁	33	大西洋	55	NS51 - 5	77	克 16 - 6
12	292 - 20	34	云薯 205	56	克 200858 - 22	78	2013 预 45
13	克 200935 - 43	35	维拉斯	57	WYJ5	79	克新 6 号
14	гибрид 90. 1/11	36	CIP399004. 19	58	CIP388611. 22	80	GADRE
15	克 200979 - 25	37	坝 90 - 2 - 6	59	呼 5 号	81	CIP397073. 16
16	福建材料	38	Атлант	60	波 C	82	卡它丁 × 克 200039 - 32
17	俄 3	39	Carola	61	朱可夫 × FL1867	83	克 200927 - 13
18	克新 18 号	40	克 200001 - 24	62	гибрид MB - 168	84	春薯 1 号
19	зарев	41	克 200852 - 24	63	克新 12 号	85	太和
20	Mar	42	克 200969 - 2	64	郑薯 5 号	86	Скарб
21	呼 H9707 - 116	43	抗黑胫病材料	65	克 200920 - 28	87	FL1625
22	Eramosa	44	麦肯 5 号	66	FL1533	88	Kennebec

表 1(续)

编号 Code	名称 Name	编号 Code	名称 Name	编号 Code	名称 Name	编号 Code	名称 Name
89	Superior	137	讷河高淀粉	183	克 200809 - 90	231	大地
90	希森 3 号	138	Saikai35	184	WYJ12	232	俄引
91	麦肯 4 号	139	麦肯 1 号	185	Ранный	233	S. 41956 xND
92	Aquila	140	兴佳 2 号	186	Atzimba	234	克 200632 - 12
93	NS78 - 11	141	Vitara	187	希森 4 号	235	冀张
94	Norland	142	Solist	188	克新 23 号	236	龙 201208 - 13
95	克 200373 - 13	143	SH11R - 6	189	CIP391011. 17	237	呼 9058 - 2
96	白头翁	144	新大坪	190	俄 - 5	238	克 200979 - 3
97	Московский	145	Вилгня	191	Andover	239	Здабыток
98	渭薯 1 号	146	s. goniocalyx	192	Aula	240	Уладар
99	克 200867 - 15	147	云薯 202	193	BE20413 - 22	241	晋 90 - 7 - 23
100	Дельфин	148	Denali	194	冀张 14	242	08CA0979
101	BE200158 - 3	149	WYJ13	195	克新 14 号	243	F00070
102	орбита	150	俄 421	196	中薯 17 号	244	克 200852 - 13
103	вишневый	151	Журавинка	197	CIP397077. 16	245	克新 20 号
104	云薯 303	152	WYJ1	198	尤金	246	WYJ9
105	08HE042 - 2	153	CIP391002. 6	199	波友二号	247	克 200968 - 12
106	s. demissum x 克 17	154	Colmo	200	55-2-7-44-1-10-5-2-1-1-6-1-(II)	248	克 200938 - 48
107	俄 13	155	194	201	CIP393077. 159	249	克新 4 号
108	隆欣选 1 号	156	WYJ4	202	Quarta	250	早大白
109	CIP390663. 8	157	CIP396033. 102	203	克新 25 号	251	克 200920 - 35
110	克 200920 - 11	158	Реро426	204	呼 83210	252	冀张 11
111	CIP388676. 1	159	WYJ11	205	Тарант	253	克 200950 - 3
112	讷 16 - ①杂 220	160	04P48 - 3	206	克新 2 号	254	CIP397100. 9
113	CIP703831	161	CIP388615. 22	207	陇薯 6 号	255	Favorita
114	Архидея	162	CIP395037. 107	208	云薯 103	256	WYJ8
115	呼 H99 - 1	163	中 C9305 - 6	209	08CA9728 - 04	257	CIP395112. 9
116	龙 201207 - 4	164	J10828	210	WYJ7	258	陇薯 7 号
117	克 200979 - 17	165	克 200846 - 10	211	云薯 201	259	CIP392797. 22
118	克新 21 号	166	延 0225 - 432	212	F70021 - 1	260	延 97 - 7
119	克新 19 号	167	Sante	213	克新 26	261	WYJ14
120	波 B2	168	呼 8212 - 3	214	以色列	262	295
121	呼 H97 - 9	169	CIP393371. 157	215	克 9412 - 13	263	WYJ3
122	- 9	170	Bintje	216	shepody	264	七百万
123	гибрид80 - 1	171	05HE5 - 43	217	IH01 - 5	265	克 200969 - 11
124	中 A9215 - 84	172	Лилея	218	克 200852 - 205	266	克 200935 - 51
125	WYJ15	173	врп244	219	山城	267	CIP393077. 54
126	Dianella	(Suniax - S. Stolonig)		220	坝薯 7 号	268	CIP396311. 1
127	CIP392633. 54	174	闽薯 1 号	221	83 预 64	269	Amsel
128	冀张 8	175	中薯 4 号	222	克 200931 - 1	270	中薯 5 号
129	云薯 827	176	川疫	223	克 200908 - 16	271	IMRALA
130	波 S	177	迪涅拉	224	男爵	272	WYJ2
131	CIP388972. 22	178	Cal White	225	飞行	273	克 200969 - 4
132	BE20079 - 24	(Early Sizing)		226	肯德	274	云薯 501
133	sebago	179	昆塔	227	冀张 12	275	克新 13 号
134	克新 1 号	180	Khongor	228	Astilla		
135	гибрид MB - 168	181	中薯 1 号	229	克 200856 - 6		
136	云薯 401	182	克 9201 - 10	230	Vester		

1.2 试验方法

(1) 褐化指数^[10]

挑选块茎大小均匀、无病虫害、无青皮的马铃薯块茎,共计 275 份材料,每份材料 3 次重复,每个重复 2 个块茎。将块茎平均切开,再切成 0.5 cm 厚的薯片,于切割后 30 min、2 h、5 h 和 7 h 进行观察并拍照。依切面上的褐化面积划分褐化等级,其中,0 级:无褐化;1 级:褐化面积 < 25%;2 级:25% ≤ 褐化面积 < 50%;3 级:50% ≤ 褐化面积 < 75%;4 级:褐化面积 ≥ 75%。

褐化指数 = $\Sigma[(\text{褐化级别} \times \text{该级别块茎数}) / (\text{最高级数} \times \text{检查的总块茎数})] \times 100\%$ 。

依据褐变分级标准,计算褐化指数,褐化指数越高褐变程度越重。

(2) 褐化强度测定^[11]

马铃薯去皮后,除去 3 mm 厚的皮下薯肉,从块茎表面取样,此为近皮部样品。从距离马铃薯块茎中心 3 cm 左右处取样,为心部样品。称样量均为 1 g,切碎,按 1:4 (m/m) 加去离子水,高速组织捣碎机匀浆 5 min,置于 30 ℃ 水浴中 20 min,取部分匀浆 4 ℃,12000 r/min 离心 5 min,取上清液测定 420 nm 下吸光值。剩余匀浆于 4 ℃ 放置 24 h 后,12000 r/min 离心 5 min,取上清液测定 420 nm 下吸光值。以蒸馏水为空白对照,每处理重复 3 次,分别平行取样,结果以平均值计算, A_{420} 即为褐化强度 (BD)。

由于褐化强度并无统一的标准,本试验中将 30 ℃ 褐化 20 min 时心部褐化强度小于 0.25,4 ℃ 放置 24 h 后,变化值不超过 0.15 的材料筛选出来,作为抗褐变材料。

(3) 煮后变褐 (ACD, After cooking darkening) 程度^[12]

每份材料选取 3 个无机械损伤、无病虫害、无青皮、大小适中的马铃薯块茎作为样品进行试验。将马铃薯块茎去皮后洗净,块茎保持在水面下直至开始蒸煮,以避免酶促变色。放置电饭锅中煮,锅中水刚刚没过块茎。蒸煮 25 min 后,检查块茎是否煮熟,未煮熟的再蒸煮 5 min。将蒸煮过的块茎在自然条件下放置 24 h 后进行变色评价。这种时间延迟可以使变色更深以提高评价的辨别力。根据荷兰育种学家的标准煮后变褐程度标准分为 9、8、7、6、5、4 共 6 个级别,9 代表没有变色,4 代表

变为深灰或黑色。将蒸煮后的马铃薯块茎颜色和标准进行比对,确定等级^[13]。

2 结果与分析

2.1 供试材料的褐化指数

将 275 份马铃薯材料的块茎进行切片,切片后 30 min、2 h、5 h、7 h 进行观察,依照褐化面积划分褐化等级,统计褐化指数。经过 WARD 法聚类分析,在欧式距离 19.00 处,将褐变 7 h 的各材料褐化指数进行聚类分析 (图 1),可将供试材料分为 5 类。第 I 类为高抗褐变材料,褐化指数 0.00 ~ 16.67,13 份材料,占总材料份数 4.73%;第 II 类为抗褐变材料,褐化指数 25.00 ~ 37.50,14 份材料,占总材料份数 5.09%;第 III 类为耐褐变材料,褐化指数 41.67 ~ 54.17,20 份材料,占总材料份数 7.27%;第 IV 类为易褐变材料,褐化指数 62.50 ~ 83.33,50 份材料,占总材料份数 18.18%;第 V 类为严重褐变材料,褐化指数为 87.50 ~ 100.00,178 份材料,占总材料份数 64.73%。

2.2 供试材料的褐化指数随切片时间的变化

图 2 为供试材料的褐化指数随切片时间变化频率分布图,从中可以看出,将块茎切成 0.5 cm 厚的薄片,在空气中放置 30 min 后,有 152 份材料褐化指数低于 25%,其中有 99 份材料未出现褐化现象,83 份材料褐化面积 < 50%,26 份材料褐化面积为 < 75%,14 份材料褐化面积超过 75%,严重褐化。

随着时间的推移,褐化程度逐渐增加,切片 2 h 时,切片 30 min 时未出现褐化现象的 99 份材料中有 82 份材料相继出现不同程度的褐化现象,17 份材料仍未出现褐化现象。58 份材料褐化指数低于 25%,80 份材料褐化面积 < 50%,48 份材料褐化面积为 < 75%,89 份材料褐化面积超过 75%,严重褐化。

切片 5 h 时,有 16 份材料褐化指数低于 25%,其中有 6 份材料仍未出现褐化现象,41 份材料褐化面积 < 50%,50 份材料褐化面积 < 75%,168 份材料褐化面积超过 75%,严重褐化。

切片 7 h 时,有 13 份材料褐化指数低于 25%,其中云薯 501、CIP395109.29、CIP393615.6、Pepo416 还未出现褐化现象,22 份材料褐化面积为 25% ~ 50%,33 份材料褐化面积为 50% ~ 75%,207 份材料褐化面积超过 75%,严重褐化。

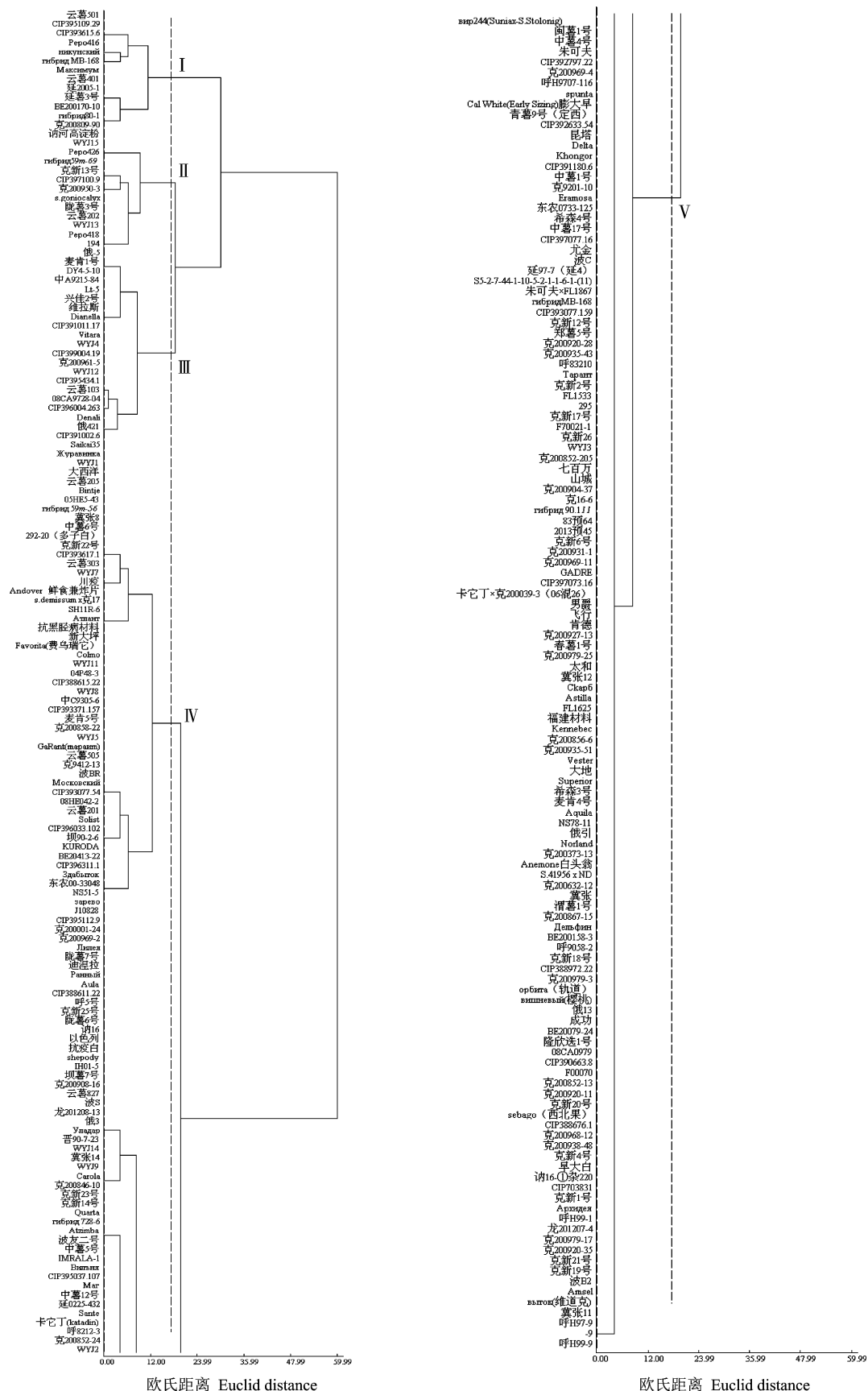


图1 供试材料的褐化指数聚类分析图

Fig. 1 The cluster analysis of the varieties' browning index

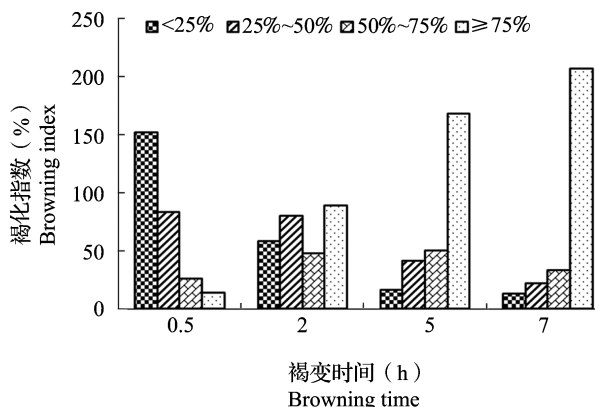


图2 供试材料的褐化指数随切片时间变化频率分布图

Fig. 2 The histogram for browning index of varieties as time variations

不同品种褐化的能力不同,可能与多酚氧化酶的活性及酚类物质含量不同有关。云薯 401、гибрид80-1 等褐变较缓慢,褐化指数低;J10828、新大坪、Colmo 等虽然切片 30 min 时未褐变,但是随着时间的延长,褐变速度较快,最终褐化程度较高;-9、呼 H99-9 在切片 30 min 时便出现严重的褐化现象。在进行抗褐变马铃薯品种筛选时,要选择褐化较缓慢,且初始褐化指数低的品种。

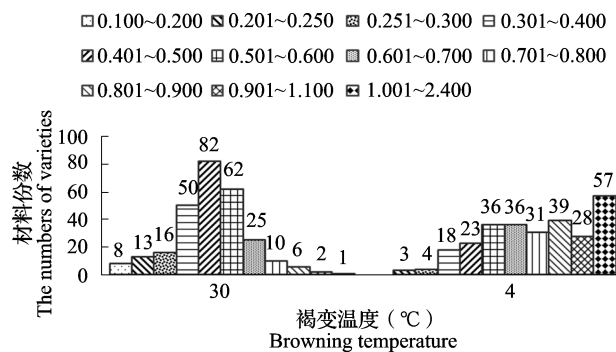
2.3 供试材料的褐化强度

275 份材料近皮部及心部褐化强度见图 3、图 4,本试验去除土豆表皮和 3 mm 厚的皮下薯肉,去除了多酚氧化酶在块茎中的富集部位,从数据可以看出,马铃薯近皮部褐化强度明显高于心部,30 °C 褐化 20 min 时,近皮部褐化强度低值为 0.124,高值为 1.099,而心部褐化强度低值为 0.074,高值为 0.877;4 °C 褐化 24 h 后材料的褐化强度都有所升高,近皮部褐化强度低值为 0.233,高值为 2.239;心部褐化强度低值为 0.121,高值为 1.664。本试验研究结果与前人一致^[14-15],都证明了近皮部要比心部

表2 抗褐变材料

Table 2 The anti-browning varieties

名称 Name	30 °C 20 min 30 °C for 20 min	4 °C 24 h 4 °C for 24 h	变化值 Difference	名称 Name	30 °C 20 min 30 °C for 20 min	4 °C 24 h 4 °C for 24 h	变化值 Difference
云薯 401	0.112	0.133	0.021	S.41956 x ND	0.232	0.320	0.088
云薯 501	0.117	0.245	0.128	克 9412-13	0.245	0.266	0.021
云薯 827	0.224	0.312	0.088	CIP388972.22	0.236	0.277	0.041
克 200969-4	0.236	0.276	0.040	s. goniocalyx	0.121	0.158	0.037
中薯 17 号	0.223	0.318	0.095	CIP397100.9	0.134	0.159	0.025
希森 4 号	0.220	0.296	0.076	中薯 5 号	0.197	0.249	0.052
克 200950-3	0.154	0.210	0.056	CIP395109.29	0.185	0.255	0.070



图例代表褐化强度的分布区间

The legend represents the range of browning degree, the same as below

图3 供试材料近皮部褐化强度分布图

Fig. 3 The histogram for browning degree of varieties in skin

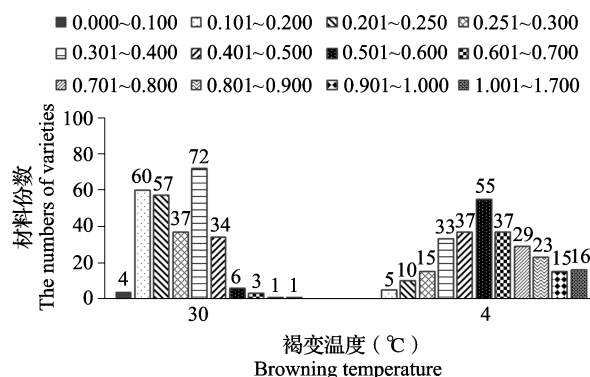


图4 供试材料心部褐化强度分布图

Fig. 4 The histogram for browning degree of varieties in heart

容易发生褐变。因此马铃薯加工过程中尽量进行削皮处理,且除去芽眼部位,可减少褐变现象的发生^[16]。

对 275 份材料进行褐化强度的筛选,将 30 °C 褐化 20 min 时心部褐化强度小于 0.25,变化值不超过 0.15 的材料筛选出来,共计 25 份材料,见表 2。

表 2(续)

名称	30 ℃ 20 min	4 ℃ 24 h	变化值	名称	30 ℃ 20 min	4 ℃ 24 h	变化值
Name	30 ℃ for 20 min	4 ℃ for 24 h	Difference	Name	30 ℃ for 20 min	4 ℃ for 24 h	Difference
克 200001-24	0.177	0.269	0.092	Andover	0.201	0.250	0.050
CIP395037.107	0.243	0.321	0.078	朱可夫	0.221	0.307	0.086
IMRALA-1	0.164	0.256	0.092	CIP393617.1	0.200	0.240	0.043
中薯 4 号	0.204	0.272	0.068	克新 22 号	0.170	0.210	0.038
讷河高淀粉	0.089	0.121	0.032	S ₅₋₂₋₇₋₄₄₋₁₋₁₀₋₅₋₂₋₁₋₁₋₆₋₁₋₍₁₁₎	0.200	0.250	0.046
CIP393615.6	0.151	0.180	0.029				

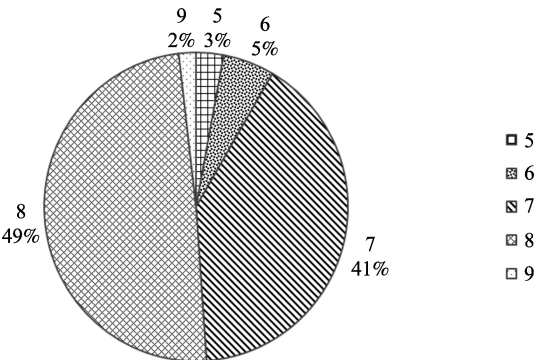
2.4 煮后变褐(ACD)

马铃薯的煮后变褐(ACD)决定作物作为食物的性状,无论是鲜食还是加工,属于非酶促反应。虽然 ACD 的色素不知对品味和营养价值是否有不利影响,但是变色大大地降低了马铃薯的外观^[17]。

图 5 为供试材料煮后变褐值分布图,从中可以看出供试材料中 ACD 集中在 7 和 8,分别为 111 份、135 份;有 5 份材料 ACD 为 9,蒸煮后颜色未发生任何变化,5 份材料分别为云薯 501、WYJ2、克 200969-4、中薯 5 号、IMRALA。对马铃薯块茎煮后进行变色评价,发现大部分的材料都可用于鲜食消费。通过煮后变色评价可以为马铃薯鲜食育种提供依据。

2.5 褐化指数、褐化强度、煮后变褐综合评价

抗褐变材料要求其褐化指数及褐化强度都低,并且蒸煮后不发生严重变色。将褐化指数、褐化强度、煮后变褐情况进行了统计分析,最终筛选出 8 份材料,结果见表 3。这 8 份材料中仅 CIP393615.6 煮后变褐值略低,为 5,其余均在 7 以上,说明这些抗褐变的材料无论是鲜切食用,还是蒸煮食用,都是可以抗褐变的。筛选出高抗褐变材料 4 份,云薯 501、CIP395109.29、



图例代表煮后变褐值

The legend represents ACD

图 5 供试材料煮后变褐值分布图

Fig. 5 The ACD of varieties for test

CIP393615.6、云薯 401;抗褐变材料 4 份,讷河高淀粉、CIP397100.9、克 200950-3、s. goniocalyx。

对 7 h 褐化指数、褐化强度(30 ℃、4 ℃)及煮后变褐值进行了相关性分析,褐化强度(30 ℃)与 7 h 褐化指数、煮后变褐值呈正相关,r 分别为 0.639*、0.813**,由此可见,30 ℃褐变 20 min 时褐化强度低的品种,其在切片 7 h 后褐化指数也较低,蒸煮后颜色也较好。

表 3 3 个指标综合评价结果

Table 3 The result of anti-browning using three evaluation methods

名称 Name	切片 7 h 褐化指数 Browning index for 7 h after sliced	褐化强度 Browning degree		煮后变褐 ACD
		30 ℃ 20 min	4 ℃ 24 h	
云薯 501	0	0.117	0.245	9
CIP395109.29	0	0.185	0.255	7
CIP393615.6	0	0.151	0.180	5
云薯 401	12.50	0.112	0.133	8
讷河高淀粉	25.00	0.089	0.121	8
CIP397100.9	29.17	0.134	0.159	9
克 200950-3	33.33	0.154	0.210	9
s. goniocalyx	37.50	0.121	0.158	8

3 讨论

抗褐变马铃薯品种的选育是解决马铃薯加工中发生酶促和非酶促褐变的根本途径,品种的抗褐变能力主要通过褐化指数、褐化强度、煮后变褐程度 3 个指标进行评价。

褐化指数和褐化强度是衡量马铃薯块茎褐化的综合指标。两者不同之处在于前者是对块茎进行切片,其褐化程度仅取决于切面 PPO 和酚物质区域化破坏后的反应程度;而后者则是将马铃薯块茎组织充分研磨,打破 PPO 和酚物质的区域化分布,使其最大相遇^[10]。褐化指数与褐化强度属于酶促褐变,而煮后变褐属于非酶促褐变,虽然都会引起马铃薯变色,影响其外观品质及商品性,但也应有所区别,它们反应的是不同的褐化方式,必须要进行综合的评价。

前人研究^[11-12,18-20]主要集中在马铃薯多酚氧化酶的活性和抗褐变抑制剂的筛选上,对抗褐变材料的筛选报道很少,而且都只是采用一个指标进行抗褐变能力的鉴定,本文采用 3 个指标去综合评价,更加全面,分析结果更加具有说服力。褐化指数和煮后变褐程度这两个指标已有相关的分级标准,而褐化强度并无统一的分级标准,本文将 30℃ 褐化 20 min 时褐化强度小于 0.25,4℃ 放置 24 h 后,变化值不超过 0.15 的材料作为抗褐变的材料。

利用耐褐变的材料作为亲本之一所配制的杂交组合后代的褐化指数均较低,尤其是以耐褐变材料作为母本配制组合时更容易获得耐褐变品种^[20]。但是耐褐变材料在抗病性方面存在一定的缺陷,因此在耐褐变品种选育时也要同时兼顾抗病性的选择^[22-23],抗病性也是马铃薯育种的考核指标^[24-25]。

通过筛选出抗褐变材料可为抗褐变育种及资源创新提供基础材料,借助这些资源,利用育种手段提高新品种抗褐变水平,解决加工过程中褐变问题,从而减少加工企业抗褐变抑制剂的依赖,对保证马铃薯的营养成分、节约成本、保证食品安全具有十分深远的现实意义。

参考文献

- [1] 朱新鹏,胡恒. 马铃薯加工中褐变的研究进展[J]. 农产品加工学,2013,(3):60-62
- [2] 姚晓敏,赵金香,储刘明. 马铃薯褐变的控制[J]. 上海农学院学报,2000,18(1):40-46
- [3] 宋吉轩,陈超,雷尊国,等. 马铃薯加工过程中褐变机理及其抑制效果研究[J]. 安徽农业科学,2010,38(1):329-331
- [4] 林河通,席均芳,陈绍军. 果实贮藏期间的酶促褐变[J]. 福州大学学报:自然科学版,2002,30(S1):696-703
- [5] Keilin D, Mann T. Polyphenol Oxidase. Purification, Nature and Properties[J]. Proc R Soc B, 1938, 125:187-204
- [6] Jimenez M, Chazarra S, Escibano J, et al. Competitive inhibition of mushroom tyrosinase by 4-substituted benzaldehydes[J]. Agric Food Chem, 2001, 49(8):4060-4063
- [7] Capitani C D, Carvalho A C L, Botelho P B. Synergism on antioxidant activity between natural compounds optimized by response surface methodology[J]. Eur J Lipid Sci Technol, 2009, 111:1100-1110
- [8] 李全宏,赵雅松,蔡同一,等. 鲜切马铃薯褐变抑制效果研究[J]. 食品科学, 2005, 26(9):92-95
- [9] 潘锋,葛亮,杨清香,等. 马铃薯全粉加工过程中防褐变的研究[J]. 食品研究与开发, 2009, 30(7):92-95
- [10] 王清,黄惠英,马文芳,等. 反义 PPO 基因对马铃薯块茎褐化的影响[J]. 作物学报, 2007, 33(11):1822-1827
- [11] 李山云,隋启君,白建明,等. 抗机械损伤褐变马铃薯品种(系)的筛选[J]. 中国马铃薯, 2010, 24(4):193-196
- [12] 王唯俊. 荷兰马铃薯高世代无性系产量及品质分析[D]. 哈尔滨:东北农业大学, 2011
- [13] Tiemens-Hulscher M, Delleman J, Eising J, et al. 马铃薯育种[M]//李先平,白建明,姚春光,等. Netherlands: Aardappelwereld BV, 2013:130-133
- [14] 姜绍通,罗志刚,郑志,等. 甘薯加工过程酶促褐变及控制研究[J]. 农业工程学报, 2001, 17(2):136-139
- [15] 王清,王蒂. 加工型马铃薯品种多酚氧化酶活性的变化规律[J]. 植物遗传资源学报, 2003, 4(1):21-26
- [16] 胡小松,李积宏,刘文英. 马铃薯丝加工中的褐变因素及其控制[J]. 食品科学, 1994, (5):35-42
- [17] Smith O, Muneta P. Potato quality VIII. Effect of foliar applications of sequestering and chelating agents in after-cooking darkening[J]. Am Potato J, 1954, 31:404-409
- [18] 王成,王辉,娄丽娜,等. 普通丝瓜果肉褐变的鉴定方法[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(11):137-138
- [19] 花秀凤,陈锐,黄斌斌. 普通丝瓜果肉褐变的变异及低褐变品种的筛选[J]. 中国农学通报, 2013, 29(19):103-106
- [20] 巩慧玲,赵萍,袁惠君,等. 马铃薯贮藏期间褐变强度与多酚氧化酶活性变化的研究[J]. 食品工业科技, 2009, 30(11):282, 286
- [21] 王辉,王成,娄丽娜,等. 丝瓜果肉耐褐变种质资源的筛选及初步应用[J]. 长江蔬菜, 2013(14):20-22
- [22] 魏国强,钱琼秋,朱祝军. 黄瓜白粉病抗性及其生理机制的研究[J]. 华北农学报, 2004, 19(2):84-86
- [23] 唐君,周志林,赵冬兰,等. 76 份特用甘薯种质资源的鉴定评价[J]. 植物遗传资源学报, 2012, 13(2):195-200
- [24] 何虎翼,谭冠宁,何新民,等. 马铃薯品种(系)资源的疮痂病抗性鉴定[J]. 植物遗传资源学报, 2017, 18(4):786-793
- [25] 张允刚,郭小丁. 甘薯薯干高淀粉资源的鉴定及综合评价[J]. 植物遗传资源学报, 2003, 4(1):55-57