

网络出版时间:2012-08-15 10:56

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20120815.1056.008.html>

大白菜风味品质评价指标的筛选

吴春燕^{1,2}, 何启伟³, 宋廷宇¹,
邓永林⁴, 王翠花³, 徐文玲³

(1 吉林农业大学 园艺学院, 吉林 长春 130118; 2 山东农业大学 园艺学院, 山东 泰安 271018;

3 山东省农业科学院 蔬菜研究所, 山东 济南 250100;

4 山东登海种业股份有限公司西由种子分公司, 山东 莱州 261418)

[摘要] 【目的】探讨大白菜农艺性状、细胞壁成分及相关酶活性对易煮烂程度的影响, 为大白菜风味品质的快速评价和优质育种提供理论依据。【方法】选用‘114 城阳青’、‘花 273×114 城阳青’、‘114 福山’、‘卫固’、‘114 福山×114 城阳青’和‘卫固×114 福山’6 个质地品质差异明显的大白菜材料, 在采收适期取样, 进行感官品质评定, 调查大白菜的农艺性状, 测定大白菜的果胶、粗纤维、木质素含量及多聚半乳糖醛酸酶(PG)和纤维素酶(Cx)活性, 研究大白菜农艺性状、细胞壁成分及相关酶活性对易煮烂程度的影响。【结果】大白菜干物质含量为 3.39%~7.89%, 水溶性果胶含量为 14.07~32.67 mg/g, 原果胶含量为 8.71~23.10 mg/g, 水溶性果胶/总果胶为 38.02%~78.94%, PG 活性为 2.88~6.02 U/mg, Cx 活性为 1.65~4.29 U/mg。相关分析结果表明, 大白菜易煮烂程度与干物质含量、原果胶含量、原果胶占总果胶比例呈极显著或显著负相关, 与水溶性果胶占总果胶的比例、PG 活性呈显著或极显著正相关。【结论】干物质含量、原果胶含量、原果胶或水溶性果胶占总果胶的比例和 PG 活性可以作为评价大白菜易煮烂程度的主要指标。

[关键词] 大白菜; 质地品质; 干物质; 果胶

[中图分类号] S634.1

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2012)09-0161-08

Selection of evaluation index in flavor quality of Chinese cabbage

WU Chun-yan^{1,2}, HE Qi-wei³, SONG Ting-yu¹,
DENG Yong-lin⁴, WANG Cui-hua³, XU Wen-ling³

(1 College of Horticulture, Jilin Agricultural University, Changchun, Jilin 130118, China;

2 Department of Horticultural Sciences and Engineering, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 271018, China;

3 Vegetable Institute of Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan, Shandong 250100, China;

4 Denghai Seed Corporation Limited(Xiyou), Laizhou, Shandong 261418, China)

Abstract: 【Objective】Effects of agronomic traits, cell wall components and correlated enzymes on chewy degree were researched, which would provide theoretical basis for rapid evaluation of flavor quality and high-quality breeding of Chinese cabbage. 【Method】Six Chinese cabbage materials (including ‘114 Chengyangqing’, ‘Hua 273×114 Chengyangqing’, ‘114 Fushan’, ‘Weigu’, ‘114 Fushan×114 Chengyangqing’, and ‘Weigu×114 Fushan’) with obvious differences in chewy degree were used to study effects of agronomic traits, cell wall components and correlated enzymes on chewy degree by evaluating sensory quality, agronomic traits, pectin contents, fiber contents, lignin contents, and activity of PG and cellulase in their optimum harvesting time. 【Result】The results showed that dry matter content of Chinese cabbage was

[收稿日期] 2012-02-20

[基金项目] 吉林农业大学科研启动基金项目(201013); 山东省农业良种工程项目蔬菜育种项目

[作者简介] 吴春燕(1978—), 女(满族), 吉林永吉人, 讲师, 农学博士, 主要从事蔬菜育种研究。

[通信作者] 何启伟(1940—), 男, 山东济南人, 研究员, 博士生导师, 主要从事蔬菜育种与生物技术研究。

3.39%—7.89%, WSP content 14.07—32.67 mg/g, PP content 8.71—23.10 mg/g, WSP/TP 38.02%—78.94%, PG activity 2.88—6.02 U/mg, and cellulase activity 1.65—4.29 U/mg. Correlation results showed that there were extremely significant or significant negative correlations between chewy degree and dry matter content, proto pectin(PP) content, and PP/TP(total pectin). There were significant or extremely significant positive correlations between chewy degree and WSP(water soluble pectin)/PP, PG activity.

【Conclusion】As for these correlations, we could evaluate chewy degree of Chinese cabbage by dry matter content, PP content, WSP/PP or PG activity.

Key words: Chinese cabbage; texture quality; dry matter; pectin

蔬菜品质包括营养品质、感官品质、贮藏加工品质和卫生品质等^[1]。为全面了解蔬菜的食用价值,需要确定蔬菜品质评价指标体系,以便对蔬菜品质进行准确、全面、细致的评价。但目前我国对蔬菜品质评价的研究较少,缺乏系统的、可量化的标准评价体系^[2]。品质评价的指标主要分为形态和理化 2 类^[3]。形态指标是指根据产品的外观形态来评价品质的优劣,如产品的整齐度、形状、大小、粗细、厚薄、长短、色泽等;理化指标则是根据产品的生理生化指标来评价品质的优劣,包括各种营养成分(如氨基酸、蛋白质、矿物质、淀粉、糖分、纤维素等)以及各种有害物质(如有害重金属、农药)的含量等。

研究表明,大白菜的营养品质、感官品质与风味品质之间存在一定的相关性^[4-6],因此可以用营养品质和感官品质来评价大白菜的风味品质。此外,根据大白菜的农艺性状、解剖结构也可评价其风味品质^[7-8]。目前对大白菜风味品质的评价研究,主要考察大白菜的甜味、渣量、质地、脆度、鲜香性及综合风味等,并未考虑大白菜易煮烂程度的影响因素。而大白菜易煮烂程度是消费者十分关注的问题,因此是影响大白菜风味品质的重要因素。

本研究对与大白菜易煮烂程度有关的农艺性状、细胞壁成分及其相关酶活性进行了调查和分析,探讨这些指标与大白菜易煮烂程度的关系,明确影响大白菜易煮烂程度的主要指标,以期为大白菜易煮烂程度、风味品质的简便、快速、准确评价及优质育种提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料及处理

选取 6 个易煮烂程度差异较大的大白菜品种为供试材料,分别为易煮烂的‘114 城阳青’和‘花 273×114 城阳青’、不易煮烂的‘114 福山’和‘卫固’及易煮烂程度中等的‘114 福山×114 城阳青’和‘卫固×114 福山’,均由山东登海种业股份有限公司西

由种子分公司提供。于 2007-08 播种于露地,采用随机区组设计,3 次重复,栽培管理条件一致。

在采收适期每个品种每个区组随机选取 6 株大白菜。其中 3 株用于调查大白菜的农艺性状,其余 3 株采用四分法取样,样品混匀后,分为 3 份,一份用于感官品尝;一份迅速用液氮冷冻,置-80℃超低温冰箱保存,用于多聚半乳糖醛酸酶(PG)和纤维素酶(Cx)活性的测定;另一份于 60℃烘箱中烘干至恒质量,计算干物质含量,并磨碎过 0.3 mm 筛,干燥器中保存,用于果胶、粗纤维和木质素含量的测定。

1.2 调查项目及方法

1.2.1 感官品质的评定 由 10 位身体健康的评审员组成评审小组,对大白菜的易煮烂程度进行评价,采用 10 分制,易煮烂材料得分高,不易煮烂材料得分低。将白菜切成 2 cm×4 cm 的小段,生食的直接品尝;熟食的称取切好的白菜段 50 g,加入 2 g 盐,每个品种加入等量水,水开后在电磁炉上恒温煮沸 5 min,然后品尝。

1.2.2 农艺性状的测定 在采收适期测量大白菜外层最大叶的叶长(LL)、叶宽(LW)、叶柄长(PL)、叶柄宽(PW)、叶柄厚(PT)、球高(HL)、球粗(HD)、株高(PH)、开展度(PD)等;并计算叶柄长/叶长(PL/LL)、叶柄厚/叶长(PT/LL)、叶宽/叶长(LW/LL)、叶柄厚/叶柄宽(PT/PW)、球粗/球高(HD/HL);称重法计算干物质含量。

1.2.3 细胞壁成分水溶性果胶、原果胶、总果胶与粗纤维、木质素含量的测定 水溶性果胶、原果胶样品处理参照文献[9]的方法,用 95%(体积分数)酒精将大白菜干样于 70℃下提取 3 次,过滤,弃掉滤液,以除去糖和其他杂质,置于 40℃烘干。将此酒精不溶性固形物分成两步提取:①将其浸于水中,50℃提取 30 min 后过滤,滤液定容至 50 mL,用于水溶性果胶含量测定;②沉淀用 0.5 mol/L H₂SO₄ 在沸水浴中水解 1 h 后过滤,滤液定容至 100 mL,用作原果胶含量测定。

水溶性果胶、原果胶含量的测定应用游新侠等^[10]的咔唑硫酸比色法:测定时浓硫酸用量为 12.0 mL,水解时间为 10 min,水解温度为 90 ℃,0.15% 咔唑无水乙醇溶液用量为 0.2 mL,显色时间为 2 h,显色温度为 25 ℃。水溶性果胶和原果胶之和即为总果胶含量。

粗纤维含量测定参照文献^[11]的方法,木质素含量测定参照鞠志国等^[12]的方法。

1.2.4 PG、Cx 活性的测定 PG、Cx 活性测定应用 DNS 比色法^[13-16]。酶提取液为 6% NaCl,内含 1% PVP 和 0.6% EDTA。取冻存大白菜样品 3.5 g,液氮研磨 15~20 min 后,7 500 g 冷冻离心 20 min,吸取上清液即为待测液。

PG 活性测定时,取待测液 1 mL,37 ℃下预热 3 min,加入 0.5%的果胶 2 mL(pH 4.0),对照加 pH 4.0 醋酸缓冲液,37 ℃反应 30 min,加 1.5 mL DNS 终止反应,然后立即放入沸水中煮沸 5 min,再用流水迅速冷却,用双蒸水定容至 10 mL,分光光度计法在 540 nm 下比色。以 D-(+)半乳糖醛酸为标样作

标准曲线。测定结果以 37 ℃时每分钟每克鲜样分解果胶产生 1 g 的游离半乳糖醛酸为 1 个果胶酶活力单位(U)。Cx 活性测定时操作步骤与 PG 类似,但反应在 40 ℃下进行,底物为用 pH 5.0 柠檬酸-磷酸缓冲液配制的 1%羧甲基纤维素钠(CMC);对照加 pH 5.0 醋酸缓冲液。以 40 ℃时每分钟每克鲜样分解羧甲基纤维素钠产生 1 μg 的葡萄糖为 1 个纤维素酶活力单位(U)。均 3 次重复,取平均值。

1.3 数据统计分析

应用 SPSS13.0 软件对测定指标进行相关分析。

2 结果与分析

2.1 大白菜易煮烂/易嚼烂程度的评定结果

由表 1 可见,无论是生食、熟食,还是综合易煮烂/易嚼烂程度,均以‘花 273×114 城阳青’得分最高,且极显著高于 2 个不易煮烂的大白菜品种,说明其最易煮烂/易嚼烂;其次为‘114 城阳青’;‘卫固’和‘114 福山’的得分最低,最不易煮烂/嚼烂。

表 1 不同品种大白菜易煮烂/易嚼烂程度的评定结果

Table 1 Results of chewy degree of Chinese cabbage

品种 Cultivars	分值(10 分制) Score(Ten-point system)		
	生食 Fresh quality	熟食 Cooked quality	综合 Comprehensive quality
114 城阳青 114 Chengyangqing	6.67±0.87 aA	6.78±0.97 abAB	6.72±0.80 abAB
花 273×114 城阳青 Hua 273×114 Chengyangqing	6.83±1.62 aA	7.17±0.87 aA	7.00±1.00 aA
114 福山×114 城阳青 114 Fushan×114 Chengyangqing	5.78±1.20 abAB	5.67±0.87 bcABC	5.72±0.76 bcABC
卫固×114 福山 Weigu×114 Fushan	5.28±1.79 abAB	5.22±1.79 cdBC	5.25±1.55 cdBC
114 福山 114 Fushan	4.33±1.94 bB	4.22±1.92 dC	4.28±1.81 dC
卫固 Weigu	4.33±1.80 bB	4.11±1.36 dC	4.22±1.09 dC

注:表中数据为 10 个评审员打分的平均值。耐嚼、不易烂的分值低,反之,分值高。同列不同小写字母表示在 5%水平下差异显著,同列不同大写字母表示在 1%水平下差异极显著。表 2,4,6 同。

Note: The data in the table was the average of ten replicates. Materials of high chewy degree were given low scores. Different lowercase letters in a column mean significant at 5%,different capital letters in a column mean significant at 1%. The same table 2,4,and 6.

对大白菜生食、熟食和综合易煮烂/易嚼烂程度进行相关分析,结果表明,三者之间存在极显著的正相关关系,生食易嚼烂程度与熟食易煮烂程度、综合易煮烂/易嚼烂程度间的相关系数分别为 0.997 和 0.999,熟食易煮烂程度与综合易煮烂/易嚼烂程度之间的相关系数为 0.999。说明在进行大白菜易煮烂材料筛选时,只要进行生食品尝即可。这样可以节省煮白菜的时间,而且在易煮烂/易嚼烂程度待评材料较多时,还可以在田间直接进行品尝。但是,由于在选择大白菜材料时,多是以熟食的易煮烂程度来衡量,因此,以下关于大白菜易煮烂程度的分析中,均以熟食品质为准。

2.2 大白菜农艺性状与易煮烂程度的相关分析

在采收适期调查大白菜的农艺性状,结果见表 2。由表 2 可见,6 个品种大白菜的叶长、叶宽、叶柄长、叶柄宽、叶柄厚、干物质含量、叶柄长/叶长、叶柄厚/叶柄宽、叶柄厚/叶长在不同试材之间差异达到了显著或极显著水平。

大白菜易煮烂程度与农艺性状及农艺性状间的相关分析见表 3。由表 3 可见,大白菜易煮烂程度与干物质含量存在极显著的负相关关系,相关系数为-0.947。说明在供试材料中,易煮烂的大白菜干物质含量低,含水量高。由表 3 还可以看出,大白菜的易煮烂程度与叶长、叶柄长、叶柄长/叶长、球高、

株高和开展度均呈不同程度正相关,与其他农艺性状间则存在一定程度的负相关关系,但均未达到显著水平。说明在所调查的农艺性状中,除干物质含量外,其余农艺性状对大白菜易煮烂程度的影响不大。因此,从农艺性状的角度来考虑,评价大白菜的易煮烂程度时,可以将干物质含量作为评价指标。

从表 3 还可以看出,大白菜农艺性状指标间也存

在一定的相关关系。其中,叶长与叶宽、球高、球粗之间均显著正相关,相关系数分别为 0.825,0.902 和 0.812。叶宽与球粗呈极显著正相关,相关系数为 0.919。叶柄长与叶柄长/叶长显著正相关。叶柄宽与叶柄厚极显著正相关,相关系数为 0.928。叶柄厚与叶柄厚/叶长显著正相关,相关系数达到了 0.895。球高与株高呈极显著正相关,相关系数为0.930。

表 2 不同品种大白菜的农艺性状

Table 2 Results of Chinese cabbage agronomic traits

品种 Cultivar	叶长/cm LL	叶宽/cm LW	叶宽/叶长 LW/LL	叶柄长/cm PL	叶柄宽/cm PW
114 城阳青 114 Chengyangqing	38.07±1.56 cC	21.57±1.90 cC	0.57±0.03 eC	21.53±1.85 dD	5.50±0.50 bBC
花 273×114 城阳青 Hua 273×114 Chengyangqing	43.27±1.63 bB	24.57±1.90 bcBC	0.57±0.03 deC	25.30±2.05 bB	6.10±0.60 bB
114 福山×114 城阳青 114 Fushan×114 Chengyangqing	40.47±0.75 cBC	24.73±1.43 bcBC	0.61±0.03 cdBC	28.37±1.23 aA	4.30±0.20 cC
卫固×114 福山 Weigu×114 Fushan	47.80±1.48 aA	29.73±2.06 aA	0.62±0.03 bcABC	23.47±2.05 cC	8.20±0.50 aA
114 福山 114 Fushan	32.40±1.38 dD	21.50±1.51 cC	0.66±0.02 abAB	15.17±2.05 fF	5.40±0.50 bBc
卫固 Weigu	39.87±1.46 cBC	27.30±1.75 abAB	0.68±0.02 aA	20.23±1.15 eE	7.50±0.40 aA

品种 Cullivar	叶柄厚/cm PT	叶柄长/叶长 PL/LL	叶柄厚/叶柄宽 PT/PW	叶柄厚/叶长 PT/LL	干物质含量/% Dry matter content
114 城阳青 114 Chengyangqing	1.07±0.06 bB	0.57±0.07 bcB	0.195±0.03 aA	0.028±0.00 bcBC	5.13±0.67 bB
花 273×114 城阳青 Hua 273×114 Chengyangqing	0.93±0.06 bcBC	0.58±0.03 bAB	0.155±0.03 bA	0.022±0.00 deCD	3.39±0.23 cC
114 福山×114 城阳青 114 Fushan×114 Chengyangqing	0.80±0.10 cC	0.70±0.04 aA	0.187±0.03 aA	0.020±0.00 eD	5.65±0.44 bB
卫固×114 福山 Weigu×114 Fushan	1.50±0.10 aA	0.49±0.03 bcB	0.183±0.00 abA	0.031±0.00 bAB	7.47±0.55 aA
114 福山 114 Fushan	0.80±0.10 cC	0.47±0.09 cB	0.148±0.01 bA	0.025±0.00 cdCD	7.75±1.24 aA
卫固 Weigu	1.47±0.06 aA	0.51±0.02 bcB	0.196±0.01 aA	0.037±0.00 aA	7.89±0.32 aA

品种 Cultivar	球高/cm HL	球粗/cm HD	株高/cm PH	开展度/cm PD	球粗/球高 HD/HL
114 城阳青 114 Chengyangqing	30.0±2.65 bB	11.0±1.32 dB	40.0±1.32 aA	54.0±4.27 aAB	0.37±0.07 bB
花 273×114 城阳青 Hua 273×114 Chengyangqing	38.5±1.32 aA	14.0±0.87 bcdB	47.0±1.80 aA	73.0±4.77 aAB	0.37±0.04 bB
114 福山×114 城阳青 114 Fushan×114 Chengyangqing	30.0±0.87 bB	16.5±2.29 bB	40.0±1.80 bcBC	43.0±4.00 cD	0.55±0.09 aAB
卫固×114 福山 Weigu×114 Fushan	39.0±2.78 aA	23.0±1.32 aA	43.0±0.87 abAB	80.0±2.78 aA	0.59±0.08 aA
114 福山 114 Fushan	25.0±1.32 bB	12.0±1.80 cdB	34.0±1.80 dD	61.0±1.80 bBC	0.48±0.05 abAB
卫固 Weigu	28.0±2.29 bB	15.5±1.80 bcB	37.0±1.50 cdCD	52.0±2.78 bcCD	0.55±0.02 aAB

表 3 大白菜易煮烂程度与农艺性状及农艺性状间的相关分析

农艺性状 Agronomic traits	易煮烂程 度 Chewy degree	干物质含量 Dry matter content	叶长 LL	叶宽 LW	叶柄长 PL	叶柄宽 PW	叶柄厚 PT	叶柄长/ 叶长 PL/LL	叶柄厚/ 叶柄宽 PT/PW	叶柄厚/ 叶长 PT/LL	球高 HL	球粗 HD	株高 PH	开展度 PD
干物质含量 Dry matter content	−0.947 **													
叶长 LL	0.328	−0.205												
叶宽 LW	−0.253	0.328	0.825 *											
叶柄长 PL	0.579	−0.588	0.664	0.349										
叶柄宽 PW	−0.295	0.428	0.584	0.781	−0.181									
叶柄厚 PT	−0.301	0.466	0.580	0.792	−0.062	0.928 **								
叶柄长/叶长 PL/LL	0.499	−0.593	0.124	−0.153	0.823 *	−0.680	−0.504							
叶柄厚/叶柄宽 PT/PW	−0.023	0.171	0.300	0.352	0.330	0.199	0.548	0.250						
叶柄厚/叶长 PT/LL	−0.517	0.640	0.161	0.503	−0.418	0.800	0.895 *	−0.656	0.515					
球高 HL	0.565	−0.461	0.902 *	0.573	0.580	0.457	0.331	0.069	−0.053	−0.087				
球粗 HD	−0.208	0.326	0.812 *	0.919 **	0.399	0.619	0.610	−0.068	0.243	0.269	0.603			
株高 PH	0.786	−0.741	0.787	0.347	0.714	0.190	0.103	0.325	−0.045	−0.284	0.930 **	0.341		
开展度 PD	0.175	−0.059	0.546	0.415	−0.086	0.641	0.361	−0.549	−0.440	0.120	0.748	0.464	0.537	
球粗/球高 HD/HL	−0.721	0.752	0.299	0.712	0.074	0.396	0.484	−0.096	0.338	0.392	−0.050	0.761	−0.302	−0.054

注: * 表示 $P<0.05$, ** 表示 $P<0.01$ 。表 5 同。
Note: * Significant at $P<0.05$, * * Significant at $P<0.01$. The same as table 5.

2.3 大白菜细胞壁成分与易煮烂程度的相关分析

在本试验中,主要以水溶性果胶、原果胶、总果胶、粗纤维、木质素的含量及水溶性果胶和原果胶占总果胶的比例等 7 个指标来考察大白菜细胞壁成分对其易煮烂程度的影响。从表 4 可以看出,大白菜水溶性果胶、原果胶、总果胶、粗纤维、木质素的含量及水溶性果胶和原果胶占总果胶的比例等 7 个指标

在不同材料间差异较大。‘花 273×114 城阳青’水溶性果胶含量、总果胶、粗纤维含量和水溶性果胶占总果胶的比例最大,其中水溶性果胶含量和水溶性果胶占总果胶的比例极显著高于其他 5 个材料;而原果胶、木质素含量和原果胶占总果胶的比例均最小。‘卫固’中原果胶含量和原果胶占总果胶比例最大,而水溶性果胶占总果胶比例最小。

表 4 不同品种大白菜的细胞壁成分

品种 Cultivar	水溶性果胶/ (mg · g ^{−1}) WSP content	原果胶/ (mg · g ^{−1}) PP content	总果胶/ (mg · g ^{−1}) TP content	粗纤维/% Crude fibre content	木质素/% Lignin content	水溶性果 胶/总果胶/% WSP/TP	原果胶/ 总果胶/% PP/TP
114 城阳青 114 Chengyangqing	20.67±0.66 bB	17.87±0.79 aAB	38.54±0.31 aA	15.65±0.38 cB	6.66±0.12 cC	53.63±0.02 bB	46.37±0.02 bB
花 273×114 城阳青 Hua 273×114 Chengyangqing	32.67±2.16 aA	8.71±0.39 cC	41.38±2.53 aA	18.43±0.56 aA	6.71±0.30 cC	78.94±0.01 aA	21.06±0.01 cC
114 福山×114 城阳青 114 Fushan×114 Chengyangqing	14.12±0.46 cC	14.63±3.68 bBC	28.75±3.23 bB	14.63±0.33 dC	7.64±0.12 bB	49.68±0.08 bBC	50.32±0.08 bAB
卫固×114 福山 Weigu×114 Fushan	14.07±0.15 cC	15.30±2.56 bB	29.38±2.69 bB	17.80±0.44 abA	8.73±0.19 aA	48.14±0.04 bBC	51.86±0.04 bAB
114 福山 114 Fushan	18.95±0.77 bB	22.40±3.82 aA	41.35±3.63 aA	17.52±0.27 bA	7.96±0.18 bB	46.07±0.04 bBC	53.93±0.04 bAB
卫固 Weigu	14.15±0.90 cC	23.10±1.50 aA	37.25±0.60 aA	14.83±0.08 dBC	7.70±0.22 bB	38.02±0.03 cC	61.98±0.03 aA

从水溶性果胶和原果胶含量来看,易煮烂大白菜材料的水溶性果胶含量高,原果胶含量低,不易煮烂材料正好相反,原果胶含量高,水溶性果胶含量低。从总果胶含量来看,易煮烂程度表现中等的 2

种大白菜总果胶含量较低,其余 4 个试材差异不大。从水溶性果胶和原果胶占总果胶的比例来看,易煮烂大白菜品种的水溶性果胶所占比例大,原果胶所占比例小;不易煮烂大白菜品种则表现为原果胶所

占比例大,水溶性果胶所占比例小。因此,可用原果胶或水溶性果胶占总果胶的比例来评价大白菜的易煮烂程度。

大白菜易煮烂程度与细胞壁成分之间的相关性分析结果见表 5。由表 5 可见,大白菜易煮烂程度

与原果胶含量呈显著负相关,相关系数为-0.820。原果胶/总果胶值与大白菜易煮烂程度之间存在显著负相关,相关系数为-0.850;水溶性果胶/总果胶值与大白菜易煮烂程度之间呈显著正相关,相关系数为 0.820。

表 5 大白菜易煮烂程度与细胞壁成分及细胞壁成分间的相关分析

Table 5 Correlations between chewy degree and cell wall components of Chinese cabbage

指标 Index	易煮烂程度 Chewy degree	水溶性果胶含量 WSP content	原果胶含量 PP content	总果胶含量 TP content	粗纤维含量 Crude fibre content	木质素含量 Lignin content	水溶性果胶/ 总果胶 WSP/TP
水溶性果胶含量 WSP content	0.702						
原果胶含量 PP content	-0.820 *	-0.627					
总果胶含量 TP content	0.118	0.678	0.147				
粗纤维含量 Crude fibre content	0.237	0.603	-0.435	0.355			
木质素含量 Lignin content	-0.719	-0.706	0.339	-0.577	0.101		
水溶性果胶/总果胶 WSP/TP	0.820 *	0.935 **	-0.862 *	0.375	0.588	-0.609	
原果胶/总果胶 PP/TP	-0.850 *	-0.921 **	0.876 *	-0.344	-0.586	0.608	-0.996 **

2.4 大白菜 PG 和 Cx 活性与易煮烂程度的相关分析

研究表明,大白菜的风味品质与细胞壁成分以及调控其合成转化的酶密切相关,对大白菜的易煮烂程度与果胶含量及组成有明显的影响。为了明确大白菜易煮烂程度的影响因素,对 6 个供试材料的 PG 和 Cx 活性进行了测定,结果见表 6。由表 6 可见,除‘114 福山×114 城阳青’和‘卫固×114 福山’2 个大白菜材料间无显著差异外,PG 活性在其

他试材间差异均达极显著水平,且以 2 种易煮烂的大白菜 PG 活性较高,不易煮烂的 2 种大白菜活性较低,其中,‘花 273×114 城阳青’的 PG 活性最高,为 6.02 U/mg,极显著高于其他 5 种大白菜,‘114 福山’的 PG 活性为 2.88 U/mg,极显著低于其他 5 种大白菜。Cx 活性在不同大白菜品种间也达到了显著或极显著差异,在 6 个材料中,‘114 城阳青’的 Cx 活性最高,为 4.29 U/mg,‘卫固×114 福山’的 Cx 活性最低,为 1.65 U/mg。

表 6 不同品种大白菜的 PG 和 Cx 活性

Table 6 Results of PG and Cx activity of Chinese cabbage

品种 Cultivars	PG 活性 PG activity	Cx 活性 Cx activity
114 城阳青 114 Chengyangqing	5.22±0.15 bB	4.29±0.12 aA
花 273×114 城阳青 Hua 273×114 Chengyangqing	6.02±0.15 aA	3.54±0.07 bB
114 福山×114 城阳青 114 Fushan×114 Chengyangqing	4.15±0.09 cC	3.19±0.17 cC
卫固×114 福山 Weigu×114 Fushan	3.95±0.12 cC	1.65±0.08 fE
114 福山 114 Fushan	2.88±0.17 eE	2.33±0.08 eD
卫固 Weigu	3.40±0.14 dD	2.95±0.11 dC

大白菜易煮烂程度与 PG、Cx 活性的相关性分析结果表明,大白菜易煮烂程度与 PG 活性之间呈极显著正相关,相关系数为 0.971;与 Cx 活性的相关系数为 0.662,未达显著水平;PG 活性与 Cx 活性之间相关系数为 0.661,也未达显著水平。可见,大白菜易煮烂程度主要受 PG 活性的影响。

3 讨 论

3.1 大白菜风味品质评价

风味品质是能刺激口腔触觉和味觉的综合反应,包括大白菜组织软硬度和鲜香性 2 部分,一般通过品尝来鉴定。由于大白菜以熟食为主,故易煮烂

程度是影响大白菜风味品质的重要因素。本试验结果表明,生食易嚼烂程度与熟食易煮烂程度、综合易煮烂/易嚼烂程度的相关性均达到了极显著水平,相关系数分别为 0.997 和 0.999,这与屈淑平等^[8]的研究结果相一致;而与鹿英杰等^[17]的研究结果生食品质与熟食品质之间仅有微弱的负相关相反,这可能与选用试材及考察指标不同有关。

蔬菜品质评价可以采用感官、营养成分及综合评价的方法^[18]。目前,对于大白菜风味品质的评价指标研究较多:赵义平等^[4]认为,与大白菜风味品质关系最大的是蛋白质含量、糖纤比等,提出可以利用测糖仪在短时间内鉴定大量试材的含糖量,并结合品尝白菜叶的甜度筛选试材。乔旭光等^[5]提出,减少植株中的粗纤维,增加可溶性糖和蛋白质含量,可以提高大白菜的风味品质。屈淑平等^[8]提出,可以用软叶或中肋风味作为简便的风味品尝鉴定指标。苗如意等^[7]研究发现,大白菜感官品质与组织结构密切相关,并对大白菜的感官品质进行定量评价。

3.2 大白菜易煮烂程度的评价指标

本研究结果表明,大白菜生食易嚼烂程度、熟食易煮烂程度和综合易煮烂/易嚼烂程度之间存在极显著相关关系,在样品众多或时间紧迫时,可通过生食易嚼烂程度对大白菜的易煮烂程度进行快速鉴定。

本试验结果表明,大白菜易煮烂程度与其农艺性状、细胞壁成分及相关酶活性密切相关。由于我国大白菜品种类型繁多,虽然在本试验中得出干物质含量与大白菜易煮烂程度呈极显著负相关,即干物质含量高的大白菜不易煮烂。但对于有些大白菜品种,如天津青麻叶和一些多倍体大白菜品种,其干物质含量虽然较高,但仍易煮烂。因此,仅用干物质含量来衡量大白菜的易煮烂程度可能有一定的局限性。因此,在大白菜的风味品质评价中,应该考虑扩大材料选择范围,选用更多类型的材料来进一步研究干物质含量对大白菜易煮烂程度的影响。

本研究结果显示,原果胶含量及原果胶/总果胶值低,水溶性果胶/总果胶值高、PG 活性高的大白菜材料易煮烂,可用作评判大白菜易煮烂程度的指标。PG 是一种主要的细胞壁水解酶,其能够引起细胞壁主要成分果胶的降解,在果实软化中起着重要作用^[19]。研究表明,在果实成熟过程中,原果胶含量迅速降低,水溶性果胶含量不断增大,且原果胶含量与 PG 活性呈负相关,水溶性果胶含量与 PG 活性呈正相关^[16]。本研究结果表明,大白菜易煮烂程度与水溶性果胶含量和 PG 活性均呈正相关,与

前人的研究结论接近^[16]。

[参考文献]

- [1] Rosenfeld H J. Quality improvement of vegetables by cultural practices: A literature review [J]. Acta Horticulturae, 1999, 483:57-67.
- [2] Tijskens L M M. Quality modeling [J]. Acta Horticulturae, 2003, 604:123-133.
- [3] 狄彩霞,李会合,王正银,等. 不同肥料组合对莴笋产量和品质的影响 [J]. 土壤学报, 2005, 42(4): 652-659.
Di C X, Li H H, Wang Z Y, et al. Effects of fertilizer combination on yield and quality of lettuce [J]. Acta Pedologica Sinica, 2005, 42(4): 652-659. (in Chinese)
- [4] 赵义平,谭其猛,魏毓棠. 大白菜风味品质相关性状及其遗传规律的研究 [J]. 北方园艺, 1987(4): 1-6.
Zhao Y P, Tan Q M, Wei Y T. Research on traits related flavor quality and its inheritance law of Chinese cabbage [J]. Northern Horticulture, 1987(4): 1-6. (in Chinese)
- [5] 乔旭光,蒋健箴,沈征言. 大白菜感官品质与营养品质相关性研究 [J]. 园艺学报, 1991, 18(2): 138-142.
Qiao X G, Jiang J Z, Shen Z Y. Studies on the correlated relationship between sensory and nutrient quality in Chinese cabbage [J]. Acta Horticulturae Sinica, 1991, 18(2): 138-142. (in Chinese)
- [6] 金同铭,武兴德,刘 玲,等. 北京地区大白菜营养品质评价的研究 [J]. 北京农业科学, 1995, 13(5): 33-37.
Jin T M, Wu X D, Liu L, et al. Evaluation in nutritive quality Chinese cabbage in Beijing [J]. Beijing Agricultural Sciences, 1995, 13(5): 33-37. (in Chinese)
- [7] 苗如意,岳 青,沈征言,等. 大白菜组织结构感官品质与评定指标的关系 [J]. 园艺学报, 1996, 23(4): 355-358.
Miao R Y, Yue Q, Shen Z Y, et al. Studies on the texture, sensory quality and evaluation criterias for Chinese cabbage [J]. Acta Horticulturae Sinica, 1996, 23(4): 355-358. (in Chinese)
- [8] 屈淑平,张耀伟,崔崇士. 大白菜综合风味品质的鉴定及其相关性状研究 [J]. 东北农业大学学报, 2004, 35(2): 129-134.
Qu S P, Zhang Y W, Cui C S. Study on correlation characters and evaluation of synthetic taste quality in Chinese cabbage [J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2004, 35(2): 129-134. (in Chinese)
- [9] 刘剑锋,张红艳,彭抒昂. 梨采后果实质地与 Ca^{2+} 、果胶、丙二醛、乙烯动态的关系 [J]. 华中农业大学学报, 2003, 22(3): 270-273.
Liu J F, Zhang H Y, Peng S A. Texture of postharvest pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai) in relation to Ca^{2+} , pectin, MDA and ethylene [J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2003, 22(3): 270-273. (in Chinese)
- [10] 游新侠,仇农学. 咔唑比色法测定苹果渣提取液果胶含量的研究 [J]. 四川食品与发酵, 2007(1): 19-22.
You X X, Qiu N X. Study on pectin content in apple pomace by carbazole spectrophotometric determination method [J]. Sichuan Food and Fermentation, 2007(1): 19-22. (in Chinese)

[11] 大连轻工业学院. 食品分析 [M]. 北京:中国轻工业出版社, 1994.
Dalian Institute of Light Industry. Food analysis [M]. Beijing: China Light Industry Press, 1994. (in Chinese)

[12] 鞠志国,刘成连,原永兵. 莱阳茔梨酚类物质合成的调节及其对果实品质的影响 [J]. 中国农业科学, 1993, 26(4): 44-48.
Ju Z G, Liu C L, Yuan Y B. Regulation of phenolics synthesis and its effects on fruit quality of Laiyang Chili (Pear) [J]. Scientia Agricultura Sinica, 1993, 26(4): 44-48. (in Chinese)

[13] 李春燕,张光伦,曾秀丽,等. 细胞壁酶活性与甜橙果实质地的相关性研究 [J]. 四川农业大学学报, 2006, 24(1): 73-76.
Li C Y, Zhang G L, Zeng X L, et al. The relationship between the activity of enzyme in cell wall and sweet orange[*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] fruit texture [J]. Journal of Sichuan Agricultural University, 2006, 24(1): 73-76. (in Chinese)

[14] 姜妮娜,饶景萍,付润山,等. 柿果实采后软化中 PG 酶活性及其基因 *DkPG1* 的表达 [J]. 园艺学报, 2010, 37(9): 1507-1512.
Jiang N N, Rao J P, Fu R S, et al. Effects of propylene and 1-methylcyclopropene on PG activities and expression of *DkPG1* gene during persimmon softening process [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2010, 37(9): 1507-1512. (in Chinese)

[15] 徐昌杰,陈昆松,张上隆. 蔗糖酶对柑橘外切纤维素酶和外切多聚半乳糖醛酶活性测定的干扰及其排除 [J]. 植物生理通讯, 1997, 33(1): 43-46.
Xu C J, Chen K S, Zhang S L. The interference of sucrase in determination of exo-cellulase and exo-polygalacturonase in abscission zone of citrus young fruit and the methods to exclude it [J]. Plant Physiology Communications, 1997, 33(1): 43-46. (in Chinese)

[16] 董涛,夏仁学,黄仁华,等. 甜橙果实膳食纤维与 PG、Cx 活性的研究 [J]. 园艺学报, 2007, 34(5): 1287-1292.
Dong T, Xia R X, Huang R H, et al. The relationship between the activity of PG and Cx with dietary fibre in sweet orange fruit [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2007, 34(5): 1287-1292. (in Chinese)

[17] 鹿英杰,康永春,李光池,等. 大白菜风味品质构成研究 [J]. 北方园艺, 1989(Z1): 9-12.
Lu Y J, Kang Y C, Li G C, et al. Composition of flavor quality in Chinese cabbage [J]. Northern Horticulture, 1989(Z1): 9-12. (in Chinese)

[18] 李会合,田秀英,季天委. 蔬菜品质评价方法研究进展 [J]. 安徽农业科学, 2009, 37(13): 5920-5922.
Li H H, Tian X Y, Ji T W. Progress in evaluation method of vegetable quality [J]. Journal of Anhui Agri Sci, 2009, 37(13): 5920-5922. (in Chinese)

[19] 魏潇,刘威生,刘宁,等. 果实软化相关 PG 基因的进化分析和基因组定位 [J]. 园艺学报, 2011, 38(9): 1791-1799.
Wei X, Liu W S, Liu N, et al. Phylogenetic analysis and genomic localization of polygalacturonase genes related to fruit softening [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2011, 38(9): 1791-1799. (in Chinese)

中国科技核心期刊、中国农业核心期刊、
全国中文核心期刊、全国优秀农业期刊

《植物遗传资源学报》征订启事

《植物遗传资源学报》是中国农业科学院作物科学研究所和中国农学会主办的学术期刊,为中国科技论文统计源期刊、中国科学引文数据库来源期刊(核心期刊)、中国核心期刊(遴选)数据库收录期刊、中国学术期刊综合评价数据库统计源期刊,又被《中国生物学文摘》和中国生物学文献数据库、中文科技期刊数据库收录。据中国期刊引证研究报告统计,2011 年度《植物遗传资源学报》影响因子 1.396。影响因子在自然科学与工程类学科排序第 9 名。

报道内容为大田、园艺作物,观赏、药用植物,林用植物,草类植物及其一切经济植物的有关植物遗传资源基础理论研究、应用研究方面的研究成果、创新性学术论文和高水平综述或评论。诸如,种质资源的考察、收集、保存、评价、利用、创新,信息学、管理学等;起源、演化、分类等系统学;基因发掘、鉴定、克隆、基因文库建立、遗传多样性研究。

双月刊,大 16 开本,128 页。定价 20 元,全年 120 元。各地邮局发行。
邮发代号:82—643。国内刊号 CN11—4996/S,国际统一刊号 ISSN1672—1810。
本刊编辑部常年办理订阅手续,如需邮挂每期另加 3 元。
地 址:北京市中关村南大街 12 号 中国农业科学院《植物遗传资源学报》编辑部
邮 编:100081 电 话:010-82105794 010-82105796(兼传真)
网 址:www.zwyczy.cn
E-mail:zwyczyxb2003@163.com zwyczyxb2003@sina.com