

北京地区主要菠菜品种贮藏性的比较分析

张乙博¹, 杨肖飞^{2,*}, 陈湘宁^{1,3}, 周 婧², 彭兴帅², 许 丽³

(1. 北京农学院食品科学与工程学院, 北京 102206;

2. 北京市裕农优质农产品种植公司, 北京 100101;

3. 农产品有害微生物及农残检测与控制北京市重点实验室, 北京 102206)

摘 要:为研究北京地区不同菠菜品种的贮藏性差异, 选取具有代表性的 5 个品种: 抗病王、农大菠菜 1 号、菠菜 10 号、先锋、日本大叶, 测定其相关指标: 感官评价、失重率、电导率、维生素 C 含量、叶绿素含量、过氧化物酶(POD)活性、多酚氧化酶(PPO)活性。记 5 分为商品性界限值, 第 11 d 时, 只有农大菠菜 10 号感官评价不低于 5 分, 日本大叶第 7 d 的感官评分为 5, 失去商品性, 日本大叶的失重率最大, 为 23.14%, 农大菠菜 1 号的失重率最小, 为 10.78%, 维生素 C 的含量减少最多的是日本大叶, 为 75.26%, 减少最少的是农大菠菜 1 号, 为 52.74%。综合评价各项指标, 5 个不同品种菠菜耐贮藏性好坏的顺序依次为: 农大菠菜 1 号 > 菠菜 10 号 > 日本大叶 > 抗病王 > 先锋。

关键词:菠菜, 品种, 贮藏性差异

Comparative analysis of storage characters on main breeds of spinach in Beijing

ZHANG Yi-bo¹, YANG Xiao-fei^{2,*}, CHEN Xiang-ning^{1,3}, ZHOU Jing², PENG Xing-shuai², XU Li³

(1. Department of Food Science and Engineering, Beijing University of Agriculture, Beijing 102206, China;

2. Beijing Yunong High Quality Cultivation of Agricultural Products Company, Beijing 100101, China;

3. Beijing Key Laboratory of Agricultural Product Detection and Control of Spoilage Organisms and Pesticide Residue, Beijing 102206, China)

Abstract: Five typical varieties were selected to study the storage characteristics in different varieties of spinach in the Beijing area. Spinach were King of disease-resistant, Nongda bo's miscellaneous 1, Nongda bo's miscellaneous 10, Pioneer, Japanese big leaf, and the quality change had been studied in the storage period. Indices were sensory evaluation, the weightlessness rate, conductivity, vitamin C content, chlorophyll content, activity of peroxidase, polyphenol oxidase activity. Regard 5 score as the commercial limit, on the 11th day, only Nongda bo's miscellaneous's sensory evaluation was not less than five points, Japanese big leaf's sensory score was 5 on the 7th day and lost the commercial, Japanese big leaf's weightlessness rate was maximum, reached up to 23.14%, and the Nongda bo's miscellaneous 1's weightlessness rate was minimum, at 10.78%. The vitamin C content of Japanese big leaf reduced mostly, and was 75.26%. The vitamin C content of Nongda bo's miscellaneous 1 reduced least, as much as 52.74%. Comprehensive evaluation of various indicators, five different varieties of spinach were resistant to storage quality in the order of: Nongda bo's miscellaneous 1 > Nongda bo's miscellaneous 10 > Japanese big leaf > King of disease-resistant > Pioneer.

Key words: Spinach; variety; storage differences

中图分类号: TS255.36

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2017)18-0285-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2017.18.054

菠菜(*Spinacia oleracer* L.)为藜科菠菜,栽培历史悠久,地域分布广泛,是我国春、秋、冬 3 季主要绿叶蔬菜之一^[1-2]。菠菜品种繁多,不同品种菠菜不仅表现出不同性状特征,其贮藏性也存在较大差异。

多年来众多的学者对菠菜的采后贮藏进行了各种探讨和研究。张萌^[3]等通过对不同硝酸盐含量的菠菜品种理化指标进行研究,指出菜硝酸盐含量的

基因型差异的产生可能是受硝酸盐吸收和转运的共同影响。菠菜生物量、光合特性以及硝酸盐和草酸含量受供氮水平影响,品种间草酸含量差异显著,选育草酸低积累蔬菜品种并配合氮素营养调控是生产优质蔬菜的有效途径^[4]。闻小霞^[5]等研究比较了不同盐浓度对不同菠菜品种发芽率及生理特性的影响,发现低浓度盐胁迫对菠菜生长有一定促进作用。

收稿日期: 2017-03-01

作者简介: 张乙博(1989-),男,硕士研究生,研究方向:农产品加工及贮藏工程, E-mail: zyb3231@163.com。

* 通讯作者: 杨肖飞(1980-),男,大学本科,工程师,研究方向:鲜切蔬菜生产加工技术、标准和体系, E-mail: xiaofei.yang@unong.com.cn。

基金项目:北京市属高等学校高层次人才引进与培养计划项目(CIT&TCD20150315);现代农业产业技术体系北京市叶类蔬菜创新团队项目(blv19)。

表1 感官评价标准

Table 1 Criteria for sensory evaluation

分数	标准
9	商品性完好,菠菜叶片新鲜嫩脆,无褐变腐烂情况的发生。
7	商品性较好,菠菜叶片光泽度下降,无褐变腐烂情况的发生。
5	商品性界线,菠菜叶片边缘微黄,局部出现轻微褐变,无腐烂情况的发生,可食。
3	商品性较差,菠菜叶片出现萎蔫,局部有褐变腐烂情况的发生,不可食可做其他用途。
1	完全丧失商品性,菠菜叶片和茎梗部褐变腐烂情况发生严重,不可食。

李强^[6]等通过对13个不同品种菠菜的性状比较,产量分析,抗病性研究,得出品种51-143耐热性强,耐寒性较差,在温度较高条件下能生长良好且生长势强,产量较高,抗霜霉病,可做中晚期栽培,以及种植不同品种菠菜的优缺点。但有关不同菠菜品种之间耐贮性差异的研究也几乎未见报导。

本研究拟采用北京地区常见的5种具有代表性的菠菜品种(抗病王、农大菠菜1号、农大菠菜10号、先锋、日本大叶)为试材,研究不同品种菠菜贮藏差异性,为进一步研究不同菠菜品种的特异性保鲜提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

5种菠菜:抗病王、农大菠菜1号、菠菜10号、先锋、日本大叶 均在同一天内采收于北京市叶类蔬菜创新团队昌平区实验示范基地,低温条件(铺有冰块的泡沫箱内)下迅速运回实验室,采收时进行初步感官筛选,挑选出鲜嫩、清洁、叶片均匀、无机械伤、成熟适中的菠菜;无水乙醇、草酸、正己烷、抗坏血酸、氢氧化钠、氯化钠、双氧水 均为分析纯(AR),北京化工厂;愈创木酚、磷酸氢二钠、磷酸二氢钠 均为分析纯(AR),北京市红星化工厂。

TU-1810型紫外可见分光光度计 北京普析通用仪器有限公司;SC-390型立式冷藏柜 青岛海尔特种电冰柜有限公司;L530型台式低速离心机 湖南赫西仪器装备有限公司;AL204型电子天平 梅特勒-托利多仪器有限公司;DDS-307A型电导率测定仪 雷磁仪器有限公司;KQ-500DE型超声波清洗机 昆山市超声仪器有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 菠菜前处理 菠菜样品在冷链环境下从产地运输至实验室后,在4℃下贮藏11d,每隔1d进行取样测定相应指标。

1.2.2 菠菜贮藏期间各项指标的测定方法

1.2.2.1 感官评价 参照文献^[7],评价标准见表1。

当分值等于或者小于5时,样品被认为是不能接受的。

1.2.2.2 失重率的测定 采用称重法在第0d时对菠菜进行称重,记录为初始数据,然后每隔1d对每种样品进行称重,每次称重做三组平行,按式(1)计算菠菜的失重率。

$$w(\%) = \frac{W_0 - W_n}{W_0} \times 100 \quad \text{式(1)}$$

式中:w-失重率,%;W₀-第0d鲜重,g;W_n-第

n d鲜重,g。

1.2.2.3 维生素C含量的测定 采用2,6-二氯酚靛酚滴定法^[8],按式(2)计算维生素C的含量。

$$m = \frac{(V_A - V_B) \times C \times T \times 100}{D \times M} \quad \text{式(2)}$$

式中:m-100g样品中含V_C的质量(mg/100g);V_A-滴定样品所耗用的染料平均毫升数;V_B-滴定空白对照所耗用的染料平均毫升数;C-样品提取液的总毫升数;D-滴定时所取的样品提取液毫升数;T-1mL染料能氧化抗坏血酸毫克数(由操作二计算出);M-待测样品的重量(g)。

1.2.2.4 叶绿素含量的测定 根据梁慧锋等^[9]的方法。按式(3)计算叶绿素的含量。

$$H = 6.91A_{662} + 15.6A_{644} \quad \text{式(3)}$$

式中:H-叶绿素含量,mg/kg;A₆₆₂-叶绿素溶液在波长为662nm处的吸光值;A₆₄₄-叶绿素溶液在波长为644nm处的吸光值。

1.2.2.5 POD活性的测定 根据文献^[10]的方法进行测定,470nm处每5s记录1次吸光值,时间共3min,以每1g样品每1min在470nm处光吸收变化0.1为一个POD酶活性单位[U/(g·min)]。

$$\text{酶活性}(U/g \cdot \min) = \frac{\Delta A}{0.01 \times W_t} \times X \quad \text{式(4)}$$

式中:ΔA-反应时间内吸光值的变化;W-菠菜的质量(g);t-反应时间(min);X-稀释倍数,即提取的总酶液为反应系统内酶液的倍数。

1.2.2.6 PPO活性的测定 根据文献^[11]的方法进行测定,410nm处每5s记录1次吸光值,时间共3min,以每1g样品每1min在410nm处光吸收变化0.1为一个PPO酶活性单位[U/(g·min)]。

$$\text{酶活性}(U/g \cdot \min) = \frac{\Delta A}{0.01 \times W_t} \times Y \quad \text{式(5)}$$

式中:ΔA-反应时间内吸光值的变化;W-菠菜的质量(g);t-反应时间(min);Y-稀释倍数,即提取的总酶液为反应系统内酶液的倍数。

1.2.2.7 电导率的测定 根据文献^[12]的方法进行,相对电导率按式(6)计算。

$$C(\%) = \frac{P_1 - P_0}{P_2 - P_0} \times 100 \quad \text{式(6)}$$

式中:C-相对电导率,%;P₀-初始去离子水电导率,S;P₁-轻轻振荡3h后的电导率,S;P₂-振荡3h后在沸水浴中加热5min冷却后的电导率,S。

1.3 数据处理

每隔1d进行取样测定各指标,重复三次,取平均值。采用Excel软件进行数据处理。

2 结果与分析

2.1 不同菠菜品种贮藏期感官评价的比较

不同菠菜品种在贮藏期的感官评价如图1所示,评分为5分作为菠菜的商品性界限,日本大叶因其叶片面积大,失水较快,感官评分下降最快,在第9 d时感官评分为4.5。先锋在贮藏前期感官品质下降较慢,后期较快,分析原因可能为叶片较厚,后期失水大于前期^[13],到第7 d的感官评分为4.5分,失去商品价值。抗病王贮藏到第9 d时,感官评价得分为4.5分,失去商品价值。当贮藏期达到第11 d时,农大菠菜10号感官评分为5分,其余4种菠菜均失去商品价值。贮藏期内不同菠菜品种的感官评价得分由高到低依次为:农大菠菜10号>农大菠菜1号>抗病王>日本大叶>先锋。

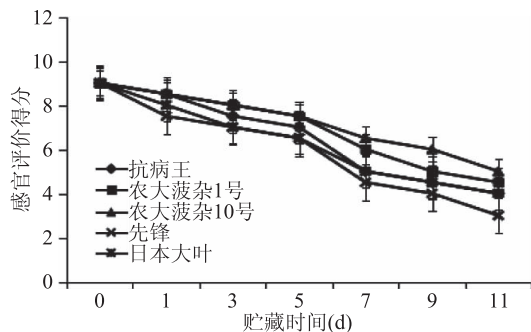


图1 不同菠菜品种感官评价的变化

Fig.1 Changes in the sensory quality of the different varieties of spinach

2.2 不同品种菠菜贮藏期失重率的比较

蔬菜的失重率是影响其商品价值的重要指标。如图2所示,5个不同品种菠菜在贮藏期间失重率均呈上升趋势。贮藏至第11 d时,农大菠菜1号失重率最小,为10.78%;日本大叶因其叶片面积较大,且叶肉厚嫩,失重率最大,为37.75%,而农大菠菜10号的失重率也达到22.01%。贮藏期内5种菠菜失重率大小顺序依次为:日本大叶>农大菠菜10号>抗病王>先锋>农大菠菜1号。分析原因可能是日本大叶植株高大,叶片散开程度较大且质地厚嫩,而农大菠菜1号相对植株小且叶片集中靠拢,所以日本大叶的失重率为农大菠菜1号的3.7倍;先锋的失重率仅次于农大菠菜1号是由于其叶片集中靠拢且细长。所以,在相同贮藏环境下,对于整株叶类蔬菜来说,植株和叶片特征决定了其失重率,从而影响保鲜期。

2.3 不同菠菜品种贮藏期维生素C含量的比较

维生素C的含量是蔬菜的一个重要营养指标,反应了蔬菜在贮藏期间的营养品质变化。不同菠菜品种在其贮藏期内 V_c 含量的变化趋势如图3所示,5个不同品种菠菜的 V_c 含量均呈下降趋势,前3 d的下降速度较快,随后下降速度减缓,是由于 V_c 的下降与失水呈正相关,在贮藏前期失水较快^[14]。第1 d时,先锋的 V_c 含量最高,为2.11 mg/100 g,日本大叶的 V_c 含量最低,为0.97 mg/100 g;第11 d后,农大菠菜1号的 V_c 含量最多,为0.95 mg/100 g,日本大叶的 V_c 含量最少,为0.24 mg/100 g。其中日本大

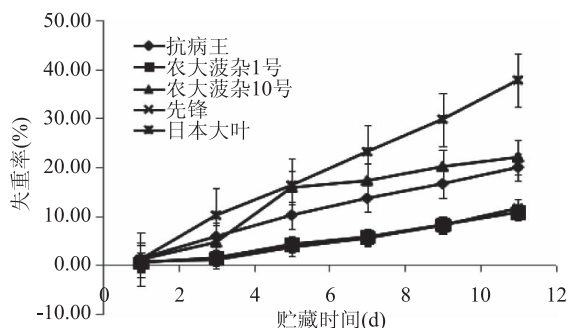


图2 不同菠菜品种失重率的变化

Fig.2 Changes in the weight loss rate of the different varieties of spinach

叶 V_c 下降量占初始含量的75.26%,农大菠菜1号的 V_c 下降量占初始含量的52.74%。日本大叶叶片宽大,失水严重导致 V_c 含量下降最快,而农大菠菜1号植株短小,利于水分保持,所以 V_c 含量相对减少最慢^[14]。贮藏期内5种菠菜 V_c 含量下降值的大小顺序依次为:日本大叶>抗病王>农大菠菜10号>先锋>农大菠菜1号。

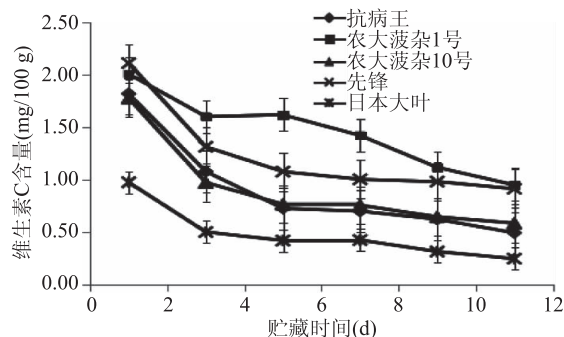


图3 不同菠菜品种维生素C含量的比较

Fig.3 The comparison of vitamin C contents in different varieties of spinach

2.4 不同菠菜品种贮藏期叶绿素含量的比较

叶绿素含量是蔬菜感官品质的一个重要指标,其含量多少与蔬菜的商品价值高低密切相关,因而叶绿素含量的测定常常被用来评价蔬菜的品质。5种不同菠菜品种的叶绿素含量变化如图4所示,整体上呈下降趋势。在贮藏初期,菠菜叶绿素的含量随着水分的减少而增加,二者表现出一定的相关关系^[15]。其中日本大叶的叶绿素含量前7 d先上升至最高574.95 mg/kg,到第11 d时下降至477.89 mg/kg;而农大菠菜1号叶绿素含量一直处于较低水平,第11 d时为266.72 mg/kg,下降幅度最大,严重影响其感官;农大菠菜10号叶绿素含量在贮藏期间呈先上升后下降趋势,叶绿素含量损失率最低。贮藏期内5种菠菜叶绿素损失率大小顺序依次为:农大菠菜10号>农大菠菜1号>日本大叶>抗病王>先锋。

2.5 不同菠菜品种贮藏期POD活性的比较

过氧化物酶(POD)是活性较高的一种酶,在植物生长发育过程中它的活性不断发生变化,老化组织中活性较高,幼嫩组织中活性较弱,可作为组织老化的一项生理指标^[16]。5个不同品种菠菜的POD活

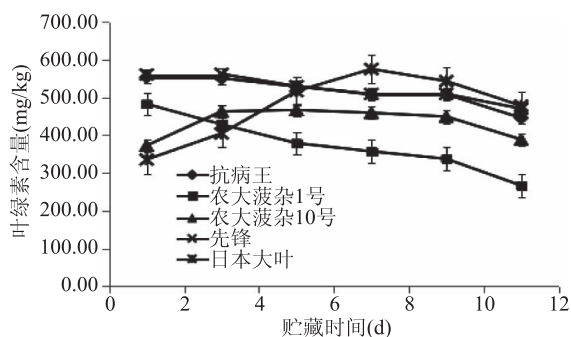


图4 不同菠菜品种叶绿素含量的变化

Fig.4 Changes in the chlorophyll contents of the different varieties of spinach

性变化如图5所示,第5 d时,日本大叶和农大菠菜10号的 POD 活性达到最大值,分别为 374.33 U/g 和 464.07 U/g,而第7 d时,先锋、农大菠菜1号和抗病王的 POD 活性达到最大值,之后农大菠菜1号 POD 活性很快下降,先锋的 POD 活性依然保持较高水平。菠菜叶片发育过程中,POD 活性从幼叶到成熟叶不断上升,随叶片的衰老显著下降^[17],所以5个不同品种菠菜的 POD 活性均呈先上升后下降的趋势。贮藏前5 d,5个不同品种菠菜 POD 活性水平的高低顺序依次为:先锋>农大菠菜10号>日本大叶>抗病王>农大菠菜1号;贮藏后期(7~11 d),POD 活性水平的高低顺序依次为:先锋>抗病王>日本大叶>农大菠菜1号>农大菠菜10号。

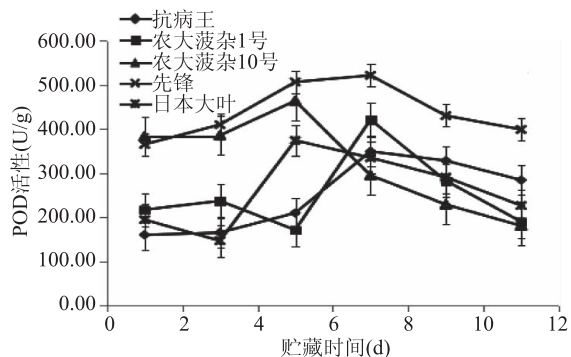


图5 不同菠菜品种 POD 活性的变化

Fig.5 Changes in the POD activity of the different varieties of spinach

2.6 不同菠菜品种贮藏期 PPO 活性的比较

酚氧化酶(PPO)是自然界中分布极广的一种金属蛋白酶,在植物组织中与内囊体膜结合在一起的,天然状态无活性,当组织损伤后 PPO 被活化,从而表现出活性,是褐变的重要指标之一^[17]。5种不同菠菜品种的 PPO 活性变化如图6所示,均呈先上升后下降的趋势。其中抗病王和农大菠菜1号在贮藏第3 d时PPO 活性达到最大,分别为 606.67 U/g 和 549.33 U/g;农大菠菜10号、先锋和日本大叶在在贮藏第7 d时 PPO 活性达到最大。农大菠菜10号的 PPO 活性变化最大,农大菠菜1号的 PPO 活性变化最小,贮藏前期 PPO 活性的增加,使菠菜细胞加速衰老,感官品质指标下降加快。5个不同品种菠菜贮藏前7 d POD 活性水平的高低顺序依次为:农大菠菜

10号>日本大叶>先锋>抗病王>农大菠菜1号;贮藏后期(7~11 d),POD 活性水平的高低顺序依次为:日本大叶>先锋>农大菠菜10号>抗病王>农大菠菜1号。

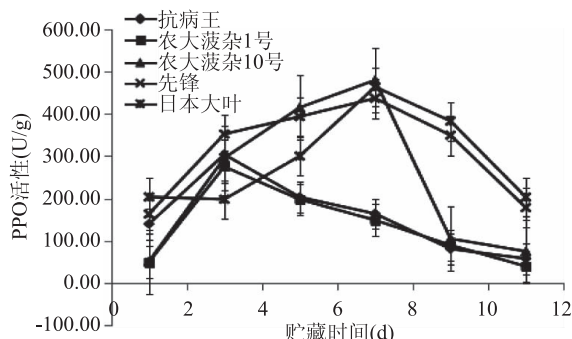


图6 不同菠菜品种 PPO 活性的变化

Fig.6 Changes in the PPO activity of the different varieties of spinach

3 结论

阔叶的日本大叶水分损失较快,失重率达到 37.75%,维生素 C 的含量下降量占初始含量的 75.26%,在贮藏的前3 d 植物细胞可有效利用维生素 C 来保持叶片的新鲜度,第7 d时失去商品价值;农大菠菜1号叶片面积小,植株较矮,失水程度较小^[17],贮藏期较长,维生素 C 在7 d内保持较高含量,但其叶绿素含量较日本大叶和先锋低,第11 d时才失去商品价值,适宜较长时间保存。研究表明:贮藏期内,综合评价感官评分、失重、维生素 C 指标,5个菠菜耐贮性好坏顺序依次为:农大菠菜1号>农大菠菜10号>日本大叶>抗病王>先锋。

在贮藏期内,叶片薄、质地脆嫩、叶茎比例较小的菠菜品种,水分损失较快,生理生化反应活跃,感官指数下降较大;植株较小、叶片靠拢的菠菜品种,呼吸强度较弱,其保水性较好,且叶绿素的损失较小;叶片较厚且成抱状结构的菠菜品种拥有最好的商品特性。本实验将为菠菜的区域性、特异化保鲜以及基于品种差异性的基础上研究老化机理并改进保鲜技术等方面提供理论依据。

参考文献

- [1] 钱伟,张合龙,刘伟,等.菠菜遗传育种研究进展[J].中国蔬菜,2014(3):5-13.
- [2] Prohens J, Nuez F. Handbook of plant breeding. Vegetables I: Asteraceae, Brassicaceae, Chenopodiaceae, and Cucurbitaceae [M/OL]. New York: Springer, 2008, 189-218 [2016-05-01]. <http://lib-phds1.weizmann.ac.il/vufind/Record/000174383>.
- [3] 张萌,阎君,朱为民,等.不同硝酸盐含量菠菜品种的生理差异分析[J].西北植物学报,2016,36(12):2469-2476.
- [4] 刘晓霞,朱伟锋,章哲,等.供氮水平对不同菠菜品种光合特性、硝酸盐和草酸含量的影响[J].浙江农业科学,2016,57(9):1405-1409.
- [5] 闻小霞,王冬,周爱凤,等.盐胁迫对不同菠菜品种发芽率及生理特性的影响[J].山东农业科学,2016,48(3):27-30.
- [6] 李强,张凤英,孟星河,等.张家口坝上地区不同菠菜品种露地种植比较实验[J].中国农技推广,2014(12):18-19.
- [7] M V Agüero, A G Ponce. Lettuce quality loss under conditions

that favor the wilting phenomenon [J]. Postharvest Biology and Technology, 2011(59):124-131.

[8] 赵晓梅, 江英, 吴玉鹏, 等. 果蔬中 V_C 含量测定方法的研究[J]. 食品科学, 2006, 27(3):197-199.

[9] 梁慧锋, 张英锋, 马子川. 焯烫时间对绿叶菜中叶绿素含量影响的研究[J]. 渤海大学学报, 2010, 31(1):6-9.

[10] 杜新民. 锌对菠菜叶绿素含量及保护酶活性的影响[J]. 农业与技术, 2016, 36(19):37-38.

[11] 何克勤. 小麦品种多酚氧化酶活性的变异及低活性种质资源的筛选[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2006:17-18.

[12] 陈爱葵, 韩瑞宏, 李东洋, 等. 植物叶片相对电导率测定

方法比较研究[J]. 广东教育学院学报, 2010(5):88-91.

[13] 王超, 刘斌, 巩玉芬, 等. 鲜切菠菜在不同冷藏温度下品质变化的动力模型[J]. 制冷学报, 2015(6):98-103, 118.

[14] 李文钊, 杜依登, 史宗义, 等. 菠菜维生素 C 降解动力学及其快速识别方法研究[J]. 食品工业, 2014(10):202-205.

[15] 贾夏, 李栋, 魏阿宝. 温度和水分对存储菠菜叶绿素 a、b 含量的影响[J]. 湖南农业科学, 2010(13):106-110.

[16] 彭兰华, 高甜慧. 青变菌毒素对黑松松针可溶性 Pr、POD 酶和 PPO 酶活性的影响[J]. 河南林业科技, 2004(2):4-5.

[17] 朱军伟. 菠菜低温保鲜关键技术的研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2013.

(上接第 278 页)

越高, 脂肪醛的含量相对较低。总体来看, 食用油中醛的含量在 0.94~4.41 mmol/L 之间, 而精炼地沟油中的脂肪醛化合物的含量最高, 达到了 27.85 mmol/L, 其相对偏差为 0.43%~1.21%。表明市场上流通的各种食用油中脂肪醛化合物的含量是远远低于精炼地沟油脂肪的含量, 地沟油中脂肪醛的含量约为合格食用油样品的 6~30 倍, 通过油中脂肪醛的含量比较, 可以明显鉴别出地沟油。正常食用油中的脂肪醛化合物主要来自一些不饱和脂肪酸的脂质过氧化反应, 因此食用油在制备、贮存过程中也会进行缓慢的脂质过氧化反应, 产生少量的脂肪醛, 因而也能够被少量检测到。而地沟油在精炼过程中, 经过高温加热、酸洗会产生大量的脂肪醛物质, 而后续脱色、脱臭等处理过程不能有效除去脂肪醛物质, 因此地沟油中含有大量的脂肪醛物质。本方法测定的合格食用植物油样品的脂肪醛含量与文献报道的结果基本一致^[4,10]。

表 1 不同油样品中醛类物质的测定结果

Table 1 Analysis results of aldehydes in edible oil samples

食用油种类	脂肪醛测定值 (mmol/L)	RSD (%)
金龙鱼调和油	4.41 ± 0.23	0.67
金利胡麻油	0.94 ± 0.08	0.43
金龙鱼一级菜籽油	1.84 ± 0.12	0.65
金龙鱼三级菜籽油	3.93 ± 0.34	0.89
金龙鱼一级大豆油	1.92 ± 0.14	0.61
精炼地沟油	27.85 ± 1.34	1.21

3 结论

食用油的成分非常复杂, 其中的脂肪醛类物质难以快速的准确定量测定, 本研究优化了流动注射的检测条件, 建立了食用植物油中脂肪醛化合物的流动注射快速测定方法。在优化条件下, 流动注射荧光法测定脂肪醛化合物的标准工作曲线方程为 $y = 26.8x + 42$, 相关系数 0.997, 最低检出限为 0.02 mmol/L ($S/N = 3$), 相对偏差为 1.18%~1.89%, 回收率为 92%~113%。本文建立的流动注射荧光法可用于在线快速检测食用植物油中的脂肪醛化合物, 操作简便, 灵敏度高, 重复性好, 为监管部门提供脂肪醛的检测依据, 有一定的推广应用价值。

参考文献

[1] 邓云, 杨铭铎, 李健, 等. 煎炸油脂中极性成分的色谱分析

[J]. 食品与发酵工业, 2006, 32(5):127-130.

[2] 申南竹. 食用油类中的羰基化合物[J]. 化学工程师, 1991, 21(3):56.

[3] 邓云, 杨铭铎, 李健, 等. 油炸中油脂极性成分的产生对食品品质的影响[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2004, 32(6):49-54.

[4] 董树清, 杨孟铭, 王利涛, 等. 高效液相色谱法测定油脂中的脂肪醛[J]. 分析实验室, 2013, 32(11):67-71.

[5] 董树清, 王利涛, 张霞, 等. 高效液相色谱法测定地沟油中脂肪醛类物质[J]. 食品工业科技, 2013, 34(11):313-316.

[6] 耿红蕊, 曹文明, 江明. 荧光光谱结合模式识别技术鉴别地沟油[J]. 食品科技, 2015, 40(12):275-279.

[7] 李凯凯, 张会明, 姚海波. 原子吸收光谱法鉴别地沟油的方法探讨[J]. 广州化工, 2014, 42(16):93-94.

[8] 陈轲, 颜毅坚, 马军, 等. 离子迁移谱法对地沟油的检测研究[J]. 中国油脂, 2015, 40(12):66-69.

[9] 王晓乐, 王凯, 贾金平, 等. 基于固相微萃取技术的 GC-MS 法快速检测地沟油[J]. 分析实验室, 2014, 33(2):153-157.

[10] 沈卫阳, 王洁琼, 王婉, 等. 柱前衍生化-高效液相色谱法测定地沟油中的脂肪醛[J]. 食品科学, 2016, 37(14):160-164.

[11] 陈冠林, 邓晓婷, 黄莹偲, 等. 流动注射化学发光法在食物及药物分析中的应用[J]. 食品工业科技, 2012, 33(11):395-399.

[12] 赵增兵, 阎娥. 流动注射化学发光法研究进展[J]. 河南师范大学学报(自然科学版), 2012, 40(5):110-114.

[13] 申东方, 周方钦, 王珍. 磁芯-疏脲壳聚糖微柱在线流动注射-原子吸收光谱法测定大米中痕量镉[J]. 分析科学学报, 2015, 31(1):28-32.

[14] 赵珍义. 双光束流动注射光度法测定生活用水中氯离子[J]. 分析测试学报, 1997, 16(5):34-36.

[15] 孙涛, 周冬香, 毛芳, 等. 流动注射化学发光法对超氧阴离子自由基和羟基自由基的检测[J]. 食品工业科技, 2006, 27(11):182-184.

[16] 梁琴琴, 李永生. 流动注射分光光度法快速测定乳制品中的蛋白质含量[J]. 分析化学, 2011, 39(9):1412-1417.

[17] 马强, 朱定波, 杨杏芳, 等. 鲁米诺-铁氰化钾流动注射化学发光体系测定饮用水中棒曲霉素[J]. 食品工业科技, 2013, 34(15):306-308.

[18] 赵小青. 流动注射荧光法测定食品和饮料中的甲醛[J]. 化学研究, 2007, 18(3):80-82.