

# 冻结温度对苣荬菜球品质的影响

张海燕<sup>1,2</sup>, 康三江<sup>1,2</sup>, 苟丽娜<sup>1,2</sup>, 袁晶<sup>1,2</sup>, 宋娟<sup>1,2</sup>

(1. 甘肃省农业科学院农产品贮藏加工研究所, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省果蔬贮藏加工技术创新中心, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:** 以野生苣荬菜为材料, 研究了不同冻结温度(-20、-30、-40 ℃)对其品质的影响。结果表明, 在-40 ℃冻结条件下, 苣荬菜球通过最大冰晶生成带的时间最短, 约为 15.8 min; 其次是-30 ℃的时间为 29.6 min; -20 ℃时通过最大冰晶生成带的时间最长, 约为 89.6 min。3种不同冻结方式对苣荬菜球色泽、硬度的影响差异显著。-30 ℃下冻结的苣荬菜球的色泽最好, 硬度损失率较小; -40 ℃条件下的次之, -20 ℃的色泽最差, 硬度损失率较大。综合比较, -30 ℃冻结条件下苣荬菜球品质优于其他冻结温度。

**关键词:** 冻结温度; 野生苣荬菜球; 冻结速率; 品质

**中图分类号:** S609 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2019)10-0029-06

**doi:** 10.3969/j.issn.1001-1463.2019.10.007

## Effect of Freezing Temperature on the Quality of Wild *Sonchus brachyotus* DC.

ZHANG Haiyan<sup>1,2</sup>, KANG Sanjiang<sup>1,2</sup>, GOU Lina<sup>1,2</sup>, YUAN Jing<sup>1,2</sup>, SONG Juan<sup>1,2</sup>

(1. Agricultural Product Storage and Processing Research Institute, Gansu Academy of Agricultural Science, Lanzhou Gansu 730070, China; 2. Innovative Center for Storage and Processing Technology of fruits and vegetables in Gansu, Lanzhou Gansu 730070, China)

**Abstract:** In this study, the effects of different freezing temperatures (-20, -30, -40 ℃) on the quality of wild *Sonchus brachyotus* DC. were studied. The results showed that the time of *Sonchus brachyotus* DC. passing through the largest ice crystal formation zone was the shortest under the freezing condition of -40 ℃, about 15.8 min; Followed by the time of -30 ℃ for 29.6 min; The passing through the largest ice crystal formation zone was longest under the freezing condition of -20 ℃, about 89.6 min. The effects of three different freezing temperature on the color and hardness of the *Sonchus brachyotus* DC. were significant. The frozen *Sonchus brachyotus* DC. had the best color and the minimum hardness loss rate at -30 ℃, the -40 ℃ was the second, the -20 ℃ had the worst color, and the maximum hardness loss rate. Comprehensive comparison showed that the quality of the *Sonchus brachyotus* DC. at -30 ℃ was better than the other freezing temperatures.

**Key words:** Freezing temperature; Wild *Sonchus brachyotus* DC.; Freezing rate; Quality

苣荬菜(*Sonchus brachyotus* DC.)为菊科(Compositae)苦苣菜属(*Sonchus* L.)植物苣荬菜的全草, 一年或多年生草本植物, 亦称莢

菜、野苦菜、苦葛菜、取麻菜, 广泛分布于我国北方海拔 200 ~ 2 300 区域的荒山坡地、路旁、海滩等处, 现人工栽培技术也日趋成

收稿日期: 2019-08-20

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项资金资助(CARS-27); 甘肃省林业科技计划项目(2017kj055)。

作者简介: 张海燕(1981—), 女, 甘肃陇西人, 副研究员, 硕士, 研究方向为果蔬精深加工。联系电话: (0)15193113704。Email: zh\_hy208@163.com。

通信作者: 康三江(1977—), 男, 甘肃陇西人, 研究员, 主要从事果蔬加工研究工作。Email: kang58503@163.com。

熟<sup>[1-2]</sup>。苜蓿菜营养成分非常丰富,含有各种维生素,膳食纤维及钙、铁、镁、锌、锰、钛和硒等多种营养元素及许多具有生物活性的倍半萜、三萜、黄酮及甾体类等化合物<sup>[3-7]</sup>,具有较强的清除自由基和抗氧化等的保健功能,既可作蔬菜食用,又可作药材,具有降血压、降胆固醇、降血糖、抗菌、抗肿瘤、治肝和保肝等药理作用<sup>[8-11]</sup>。民间多在夏秋季以苜蓿菜幼嫩茎叶作凉菜、汤羹等菜肴食用,其产品开发主要包括速冻食品、保健茶、干制品及罐头,但产品上市仍较少见<sup>[12]</sup>。目前苜蓿菜相关研究多集中于多糖类、黄酮类、有机酸类、多酚类及脂肪酸类等成分提取及生理活性方面<sup>[13-19]</sup>,以及抗炎、保肝等药理作用等<sup>[20-21]</sup>。苜蓿菜是一种营养价值极高的纯天然无污染绿色山野菜,具有广阔的发展前景,但野生苜蓿菜产量有限,季节性很强,采摘后容易出现萎蔫、褐变等品质劣变现象。

速冻保鲜加工技术可减少食品尤其是水果、蔬菜等植物性食品营养损失,保持其色、香、味、形,因而在果蔬贮藏保鲜领域得到广泛应用<sup>[22-23]</sup>。速冻的冻结速率高,冻结终温低,有效减少了细胞内外渗透压的较大变化,同时形成较小的冰晶,能够较好的保留原食品细胞组织结构<sup>[24]</sup>。球形速冻野菜在后期解冻和食用处理过程中非常方便,符合消费者对速冻食品方便化的需求,目前,有关球形速冻苜蓿菜的研究非常少见。我们采用不同冻结温度对野生苜蓿菜球进行低温冻结,研究不同冻结温度苜蓿菜球品质变化的影响,旨在为速冻苜蓿菜球加工工艺的优化及提高产品质量提供参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 供试材料

试验材料苜蓿菜为多年生草本,地下具横走茎,白色。茎生叶片长圆状披针形,中脉白色,叶片基部抱茎,头状花序生茎顶,花

黄色,花果期 6—9 月<sup>[25]</sup>。供试材料均采自甘肃省武威市天祝县山林间,成熟季为 7—8 月份,人工采摘。选择植株大小均一,色泽均匀,成熟度一致,无伤、虫、病害的样品供试。试剂氯化钠、碳酸氢钠、氯化钙(分析纯)均由天津市富宇精细化工有限公司生产。

### 1.2 仪器与设备

供试仪器超低温冰箱由青岛海尔公司提供, L93-3 智能温度记录仪由杭州路格科技有限公司生产, ST2118 美的电磁炉由美的集团生产, CR-400 型色差计由日本柯尼卡公司生产, CT3 质构仪由美国博勒飞公司生产, BL-2200H 电子天平由日本岛津公司生产。

### 1.3 试验方法

1.3.1 速冻苜蓿菜球加工工艺流程 原料→分选→清洗→切分→NaCl 溶液浸泡→NaHCO<sub>3</sub> 护色液漂烫→冰水迅速冷却→CaCl<sub>2</sub> 溶液浸泡→预冷→滚揉成球形→不同终温条件下速冻→包装→冷藏。

1.3.2 样品制备 取经过挑选分拣、去除根部、清洗后的新鲜野生苜蓿菜(24 h 以内采摘),切分为 3.0~4.0 cm 的小段,放置在 0.8% NaCl 溶液中常温浸泡 30 min,捞出沥水,浸入 0.3% NaHCO<sub>3</sub> 护绿液中,在(92±1)℃下漂烫 80 s 后捞出,立即用 2~6℃的冰水迅速冷却至中心温度 10℃以下捞出沥水,置 2 g/kg CaCl<sub>2</sub> 溶液中常温浸泡 30 min,捞出沥水,在 4℃冰箱中预冷 5~10 min,且在 4℃环境中迅速滚揉成直径为 2.0~3.0 cm 的球形,在不同冻结温度下(-20、-30、-40℃)下冻结至苜蓿菜球中心温度低于-18℃。包装,-18℃下冻藏,取样品置 4℃冰箱中解冻至中心温度达到-5℃(以刀能切开为准),测定各项指标。

### 1.4 测定方法

1.4.1 冻结曲线测定 温度变化的测定采用

经校正的多温路数显温度计进行测定和记录(中心温度记录起始点均为 4 ℃, 仪器精度 0.1 ℃)。选择苜蓿菜球球心位置及表面 2 个位置插入 3 个探头, 将自动温度记录仪设定温度采集时间 10 s, 速冻时记录温度随时间变化的曲线即冻结曲线。称取 300 g/份处理后的苜蓿菜, 分别设置 -20、-30、-40 ℃ 的速冻终温进行速冻, 测定速冻冻结曲线。

1.4.2 色差测定 应用 CIE-Lab 表色系统。目前国际上通常用亨特(Hunter)标度来检测色泽,  $L^*$ 值(Lightness, 亮度)越大, 颜色越亮,  $L^*=0$  表示黑色,  $L^*=100$  表示白色;  $a^*$ 值(redness, 红色度)代表红色与青绿色相比的程度, 其值越大表示绿色损失越严重, 从绿到红  $a^*$ 值为 -80 ~ 100;  $b^*$ 值(yellowness, 黄色度)代表黄色与蓝色相比的程度, 其值越大, 颜色越黄, 从蓝到黄  $b^*$ 值为 -80 ~ 70<sup>[25-26]</sup>。本试验分别用  $L^*$ (亮度值)、 $a^*$ (红绿值)和  $b^*$ (黄蓝值)表征野生苜蓿菜在加工中颜色的变化。

1.4.3 硬度测定 选择长度均一、同一部位的苜蓿菜段, 采用 CT3 质构仪进行 TPA 质构分析, 探头 TA44, 夹具 TA-TPB, 目标距离 5 mm, 触发点 7 g, 测试速度 0.5 mm/s, 重复 5 次, 取平均值。

硬度损失率 = [(鲜样硬度 - 样品硬度) / 鲜样硬度 × 100%]

## 1.5 数据分析

所有指标测定均 3 次重复, 取平均值。采用 Excel 2007、SPSS 22.0 对数据进行整理与分析, 采用 Duncan 法进行差异显著性检验, 显著性水平  $P \leq 0.05$ , 方差分析结果用字母 a ~ c 表示, 数据以(均值 ± 标准差)表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同冻结温度对苜蓿菜冻结时间的影响

冻结速率是影响速冻产品品质及造成低温断裂的重要因素。冻结速率越快, 细胞结晶时间越短, 速冻过程中生成的冰晶体积越小, 分布越均匀, 对样品细胞的损伤越小,

产品的质量越好。但冻结速度过快会引起果蔬的宏观龟裂和微观结构的破坏, 从而引起果蔬质地变劣、风味流失、色泽褐变等不良后果, 甚至失去商品价值<sup>[27]</sup>。通常冻结曲线中温度下降的变化可分为初期、中期和后期 3 个阶段。通过苜蓿菜球分别在温度 -20、-30、-40 ℃ 时随冻结时间的变化规律(图 1)可以看出, 冻结初期和后期苜蓿菜球中心温度下降较快, 中期(曲线较平坦部分)温度下降较为缓慢, 符合一般食品的冻结曲线规律。果蔬的最大冰晶生成带指温度从 -1 ℃ 降低到 -5 ℃ 的范围, 其中果蔬中约 80% 的水分会在最大冰晶生成带中冻结成冰晶, 并释放出大量的潜热, 因而在最大冰晶生成带温度下降缓慢, 曲线平缓。苜蓿菜细胞组织在此温度区间易受到大量生成的冰晶体的机械压迫, 因此最大冰晶生成带也是冻结过程中对苜蓿菜品质带来损害最大的温度区间。其中, 在 -20 ℃ 下冻结过程中苜蓿菜球通过最大冰晶生成带的时间最长, 约 89.6 min, 属于慢冻范畴; -30 ℃ 冻结所用时间次之, 约为 29.6 min; -40 ℃ 冻结所用时间最短, 约 15.8 min; -30、-40 ℃ 冻结所用时间均小于 30 min, 可归为速冻范畴。一般认为, 食品冻结要求快速通过最大冰晶生成带<sup>[28]</sup>, 以降低由于冰晶体积较大、分布不均匀而带来的营养物质损失、蛋白变性、脂肪氧化等问题<sup>[29]</sup>, 适当的冻结温度下所造成的干耗、汁液损失、营养物

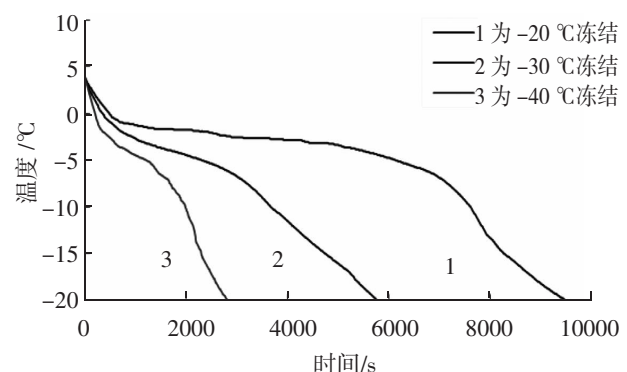


图 1 不同冻结温度下苜蓿菜球中心部位冻结曲线



质损失较小<sup>[30]</sup>。因此,不能仅依据冻结速率的大小选择产品适宜的冻结温度,还应综合考虑产品的品质。

## 2.2 不同冻结温度对苜蓿菜色泽的影响

产品色泽是评价速冻果蔬新鲜度和营养价值的一个重要指标。绿色蔬菜的绿色来自于叶绿素,研究速冻过程中苜蓿菜颜色的变化以减少叶绿素的损失,保持苜蓿菜天然的绿色就显得格外重要。通过表1可以看出,不同速冻终温对速冻苜蓿菜球的色差值 $L^*$ ,  $a^*$ 和 $b^*$ 值的影响也不同。在 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冻结条件下, $L^*$ 、 $b^*$ 值较大, $a^*$ 值较小,说明 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下冻结的苜蓿菜球颜色较绿较鲜亮,色泽最好; $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下的次之, $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下的色泽最差。 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下苜蓿菜球色泽较暗的原因可能是相对慢速的降温使体积不均匀收缩引起的<sup>[31]</sup>,同时,相对于 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冻结的苜蓿菜菜体较为缓慢的通过最大冰晶生成带,在此期间,菜体细胞内外的水分形成的冰晶会逐渐聚集形成体积较大的冰块而引起的体积膨胀对细胞造成机械损伤,导致细胞水分外渗,可能致使部分细胞液中包括叶绿素等色素物质的损失<sup>[32]</sup>。叶绿素酶在具有降解叶绿素的作用的同时还具有合成叶绿素的作用,低温会抑制酶的活性<sup>[33]</sup>,进而抑制叶绿素的合成速度。 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下冻结的苜蓿菜球色泽优于 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,这可能是因为低温会抑制叶绿素的合成。3个不同终温条件下 $L$ 和 $a$ 的变化的差异均显著, $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 分别与 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 相比, $b$ 的变化差异显著, $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 与 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 相比差异不显著。可

表1 不同冻结温度下苜蓿菜球的色泽变化

| 冻结终温/ $^{\circ}\text{C}$ | $L^*$        | $a^*$         | $b^*$        |
|--------------------------|--------------|---------------|--------------|
| -20                      | 23.25±0.38 c | -7.45±0.22 c  | 9.22±0.15 b  |
| -30                      | 30.18±0.56 a | -10.20±0.12 a | 12.11±0.61 a |
| -40                      | 28.85±0.58 b | -9.10±0.81 b  | 11.04±0.75 a |

见, $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下冻结最有利于保持苜蓿菜球色泽品质。

## 2.3 不同冻结温度对苜蓿菜球硬度的影响

由于苜蓿菜球制备工艺中采用质量分数为2.0%的 $\text{CaCl}_2$ 溶液浸泡,可与菜体中果胶类物质反应增加硬度,样品解冻后,苜蓿菜球感官状态较好,解冻后菜体相对硬挺,表现较小程度的萎蔫。由图2可以看出,不同冻结温度对苜蓿菜球硬度的影响不同,其中 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下冻结的苜蓿菜球硬度损失率最大,达到36.73%; $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下速冻的苜蓿菜球的硬度损失率最小,为17.56%; $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下冻结的苜蓿菜球硬度损失率介于 $-30\sim -20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,且不同冻结温度下苜蓿菜球的硬度存在显著差异。冻结过程造成硬度下降的主要原因是快速降温体积不均匀收缩,细胞水分外渗引起脱水损伤,以及水结成冰体积膨胀对细胞造成机械损伤<sup>[34-35]</sup>。 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下冻结的苜蓿菜球硬度损失率最高,这可能由于菜体缓慢的通过最大冰晶生成带,期间苜蓿菜菜体细胞壁及细胞膜受损,细胞内外的渗透压差逐渐变大<sup>[36]</sup>,导致其硬度较差。

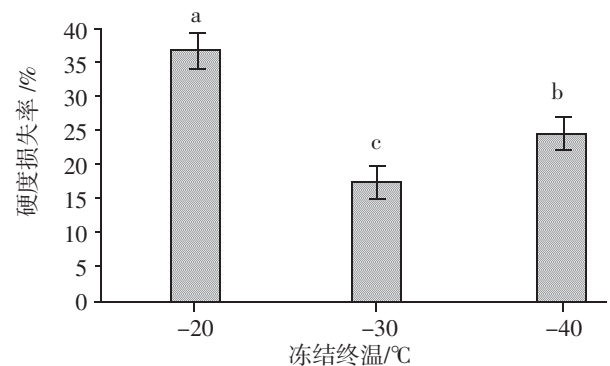


图2 不同冻结温度下苜蓿菜球硬度的变化

## 3 结论

研究表明,苜蓿菜球的冻结符合一般果蔬的冻结特性,分为明显的3个阶段,快速冻结有利于保持苜蓿菜的品质。 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冻结的苜蓿菜球的冻结速率最快,约为15.8 min;其次是 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,时间为29.6 min; $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下冻结速率最慢,约为89.6 min。3种不

同冻结方式对苜蓿菜体色泽、硬度的影响差异显著,  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下冻结的苜蓿菜球的色泽最好, 硬度损失率较小;  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下的次之,  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的色泽最差, 硬度损失率较大。综合分析,  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下冻结的苜蓿菜球的品质优于其他冻结温度。

#### 参考文献:

- [1] 于翠兰, 靳长军, 高喜才. 菜药兼用植物: 苜蓿菜[J]. 北京农业, 1996(3): 38-39.
- [2] 马永鑫. 小陇山林区苦苦菜栽培及开发前景[J]. 现代园艺, 2015(18): 32.
- [3] 邵成雷. 苜蓿菜的营养及药理作用[J]. 食品与药品, 2005, 7(6): 63-65.
- [4] SUKADANA I M, SANTI S R. Antibacterial compounds present on n-hexane extract of tem-puyung leaves (*Sonchus arvensis* L.)[J]. Ma-jalab Obat Tradisional, 2011, 6(1): 1-6.
- [5] 田芳. 苜蓿菜的功能成分及产品开发[J]. 中国食物与营养, 2009(3): 30-31.
- [6] 刘海霞, 裴香萍, 杜晨晖, 等. UHPLC-Q Exactive 轨道阱高分辨质谱分析中华苜蓿菜与苜蓿菜中主要化学成分[J]. 中草药, 2018, 49(7): 1543-1547.
- [7] 武斌, 张朝凤, 张勉. 苜蓿菜全草中的三萜类成分[J]. 药学与临床研究, 2010, 18(3): 276-277.
- [8] 戴凌燕, 朱丹, 薛军. 黑龙江省各地苜蓿菜对自由基的清除作用研究[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2008, 20(1): 1-4.
- [9] 温博栋, 邱建波. 苜蓿菜的研究进展[J]. 中国医院药学杂志, 2010, 30(21): 1852-1853.
- [10] 董庆海, 李雅萌, 吴福林, 等. 苜蓿菜的研究进展[J]. 特产研究, 2018, 40(3): 75-78.
- [11] 杨光, 李记争, 马琳, 等. 苜蓿菜对糖尿病小鼠血糖血脂及抗氧化酶的影响[J]. 中药材, 2010, 33(7): 1132-1135.
- [12] 李静. 苜蓿保健茶加工工艺研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2013.
- [13] CHAIRUL S M, SUMARNY R, CHAIRUL D. Antioxidant activity of aqueous extract of *Sonchus arvensis* L. in vitro [J]. Majalah Farmasi Indonesia, 2003, 14(4): 208-215.
- [14] 陈琼玲. 响应面优化苜蓿菜中水溶性膳食纤维提取及其理化性质[J]. 食品工业, 2017, 38(10): 93-97.
- [15] 刘蓉. 苜蓿多糖及饮品的研究与开发[D]. 天津: 天津科技大学, 2011.
- [16] ATI K R. Evaluation of flavonoids and diverse antioxidant activities of *Sonchus arvensis* [J]. Chemistry Central Journal, 2012, 6(1): 1-7.
- [17] SHUKLA S, KUMAR A, BAHADUR L, et al. Fatty acid composition of *Sonchus arvensis* [J]. Indian Journal of Natural Products & Resources. 2015, 6(1): 62-64.
- [18] ALI KR. Evaluation of flavonoids and diverse antioxidant activities of *Sonchus arvensis* [J]. Chemistry Central Journal, 2012, 6(1): 1-7.
- [19] SHUKLA S, KUMAR A, BAHADUR L, et al. Fatty acid composition of *Sonchus arvensis* L. roots [J]. Indian Journal of Natural Products & Resources, 2015, 6(1): 62-64.
- [20] 刘海霞, 裴香萍, 裴妙荣, 等. 中华苜蓿菜和苜蓿菜抗炎保肝药理作用实验研究[J]. 山西中医学院学报, 2016, 17(1): 19-20.
- [21] 刘海霞, 裴香萍, 杜晨晖, 等. UHPLC-Q Exactive 轨道阱高分辨质谱分析中华苜蓿菜与苜蓿菜中主要化学成分[J]. 中草药, 2018, 49(7): 1543-1547.
- [22] 张楠, 朱子雄. 保鲜处理对双孢蘑菇品质的影响研究综述[J]. 甘肃农业科技, 2017(9): 63-68.
- [23] 冯毓琴, 李翠红, 慕钰文, 等. 高原夏菜高效预冷与保鲜贮运技术简述[J]. 甘肃农业科技, 2018(8): 84-86.
- [24] LOUTREUL J, CAZEAUX C, LEVERT D, et al. Prevalence of human noroviruses in frozen marketed shellfish, red fruits and fresh vegetables[J]. Food & Environmental Virology, 2014, 6(3): 157-168.
- [25] 车晋滇. 二百种野菜鉴定与食用手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2012.
- [26] 张建琪, 杨文字, 石冬俊, 等. 黑果枸杞色素在水溶液中的降解动力学及护色剂的筛选[J]. 食品科学, 2016, 37(19): 94-99.
- [27] 马正强, 崔灵绸, 张贝贝, 等. 热烫处理对香椿叶绿素及颜色的影响[J]. 中国食品学报, 2017, 17(1): 179-185.

# 9个棉花品种(系)在甘肃区试点对黄萎病的抗性鉴定

陈辅志, 詹有俊, 杨 涛, 孙建船, 张 璇, 杨 军

(酒泉市农业科学研究所, 甘肃 酒泉 735000)

**摘要:** 在 2017 年甘肃省棉花区域试验中, 对 9 个棉花品种(系)进行抗黄萎病鉴定评价。结果表明: 参试的 9 个品种(系)中, 金垦 1663、9507-09-8、ND16-1、新 81052 属抗黄萎病品种, 130415、130414、MB013、7108-11 属于耐黄萎病品种, 新陆早 113 属感病品种。

**关键词:** 棉花; 品种(系); 黄萎病; 抗病性

**中图分类号:** S435.621.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2019)10-0034-03

[doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2019.10.008](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2019.10.008)

棉花黄萎病是棉花生产上最为严重的病害之一, 对棉花的产量和品质都有显著的影响<sup>[1]</sup>。黄萎病病原菌可以通过种子、土壤、水流和病残体传播, 传播速度极快; 同时, 病原菌在土壤中可存活多年, 可以在棉花的

各个生育期入侵发病, 发病严重时可造成绝产。随着连作时间增长及近年来新疆及内地引种较多, 种植品种杂乱, 极端气候增多等因素对棉花黄萎病产生很大影响<sup>[2-3]</sup>。目前只有选育抗病品种才是生产上防治这种病害

**收稿日期:** 2019-06-14

**基金项目:** 国家重点研发计划“七大农作物育种”重点专项(2017YFD0101602)。

**作者简介:** 陈辅志(1991—), 男, 甘肃景泰人, 研究实习员, 主要从事棉花育种与推广工作。联系电话: (0)18893776626。Email: 450083144@qq.com。

- [28] ALBERTO D J, FERNÁNDEZ-SEARA J. Experimental evaluation of a cascade refrigeration system prototype with CO<sub>2</sub> and NH<sub>3</sub> for freezing process applications[J]. *International Journal of Refrigeration*, 2010, 34(1): 257-267.
- [29] 刘茜茜. 山野菜速冻关键技术的研究及应用[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2017.
- [30] CHENG LINA, SUN DAWEN, ZHU ZHI-WEI, et al. Effects of high pressure freezing (HPF) on denaturation of natural actomyosin extracted from prawn (*Metapenaeus*) [J]. *Food Chemistry*, 2017, 229: 252-258.
- [31] 谢安国. 冷冻冷藏过程中猪肉的光谱特性研究及其品质的快速检测[D]. 广州: 华南理工大学, 2016.
- [32] 刘艳春, 王维民, 苏 阳, 等. 不同冻结速率对冻后番木瓜品质的影响[J]. *食品工业科技*, 2015, 36(14): 335-339.
- [33] GIOVAGNETTI V, BRUNET C, CONVER-SANO F, et al. Assessing the role of dust deposition on phytoplankton ecophysiology and succession in a low-nutrient low-chlorophyll ecosystem: mesocosm experiment in the Mediterranean Sea[J]. *Biogeosciences*, 2013, 9(12): 2973-2991.
- [34] DONGEN-VOGELS V V, SEYMOUR J R, MIDDLETON J F, et al. Shifts in picoplankton community structure influenced by changing upwelling conditions [J]. *Estuarine Coastal & Shelf Science*, 2012, 109(8): 81-90.
- [35] 王延圣, 罗自生. 一氧化氮对冷藏后香蕉成熟过程中叶绿素代谢和果实品质的影响[C] //中国食品科学技术学会. 中国食品科学技术学会中国食品科学技术学会第十一届年会论文摘要集, 北京: [出版社不详]. 2014.
- [36] 张秀玲, 刘茜茜, 柳晓晨, 等. 速冻终温对刺嫩芽水分结晶及质构的影响[J]. *食品工业科技*, 2017, 38(3): 49-51.

(本文责编: 陈 伟)