

# 双波长法测定南瓜中直链与支链淀粉含量

李晓娟<sup>1</sup>,李柱刚<sup>2,\*</sup>,王珣<sup>1</sup>,韩俊岩<sup>1</sup>,赵伟<sup>1</sup>,赵日<sup>1</sup>,陆杰<sup>3</sup>

- (1.黑龙江省农业科学院博士后科研工作站,黑龙江省农业科学院生物技术研究所,黑龙江省作物与家畜分子育种重点实验室,黑龙江哈尔滨 150086;  
2.黑龙江省农业科学院耕作栽培研究所,黑龙江哈尔滨 150086;  
3.黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院,黑龙江齐齐哈尔 161041)

**摘要:**为建立同时测定南瓜中直链和支链淀粉的双波长比色法。本文采用正丁醇结晶法分离纯化南瓜中直链和支链淀粉并测定其含量。结果表明,分离纯化得到的直链和支链淀粉蓝值分别为0.874和0.196;根据双波长原理和扫描谱图,确定其测定波长为645、565 nm,参比波长为495、730 nm处测定南瓜中直链与支链淀粉含量;南瓜样品中直链淀粉占21.64%,支链淀粉占50.19%,总淀粉含量为71.83%,相对标准偏差分别为0.97%和1.06%,平均回收率分别为98.62%和99.42%,检出限分别为0.0116和0.0644 mg/mL。正丁醇结晶法能有效地分离南瓜直链与支链淀粉,双波长法可同时获得南瓜中3个淀粉含量指标,该方法既节省了样品,又提高了效率。同时,该方法的建立也为南瓜淀粉理化特性的研究提供了技术支持。

**关键词:**南瓜,直链淀粉,支链淀粉,提纯,双波长比色法

## Determination of amylose and amylopectin in pumpkin with dual-wavelength colorimetric method

LI Xiao-juan<sup>1</sup>, LI Zhu-gang<sup>2,\*</sup>, WANG Xun<sup>1</sup>, HAN Jun-yan<sup>1</sup>, ZHAO Wei<sup>1</sup>, ZHAO Ri<sup>1</sup>, LU Jie<sup>3</sup>

- (1.Key Laboratory of Crop and Livestock Molecular Breeding of Heilongjiang, Biotechnology Research Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences Postdoctoral Programme, Harbin 150086, China;  
2.Institute of Tillage and Cultivation, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China;  
3.Qiqihar Swb-academy of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar 161041, China)

**Abstract:** Dual-wavelength spectrophotometry was applied to the determination of amylose and amylopectin from pumpkin. N-butanol crystallization separation and purification of pumpkin in the linear and amylopectin, and content of them were mensurated. The results showed that the blue values of linear and amylopectin isolated and purified were 0.874 and 0.196, respectively. According to the principle of dual-wavelength spectrophotometry and scanning spectra, the contents of amylose and amylopectin in pumpkin were determined at the selected wavelengths of 645 and 565 nm with respective reference wavelengths of 495 and 730 nm. The amylose in pumpkin samples accounted for 21.64%, the amylopectin was 50.19% and the total starch was 71.83%. The RSD was 0.97% and 1.06%, respectively. The average recovery of amylose and amylopectin were 98.62% and 99.42%, respectively, while detection limit were 0.0116 and 0.0644 mg/mL. N-butanol crystallization method could separate and purify of amylose and amylopectin in pumpkin effectively. The detection method could obtain three kinds of starch content simultaneously. The developed dual-wavelength colorimetric method was not only cost-saving and efficient for determination of amylose and amylopectin, but also provide a basis for research on physicochemical properties of starch in pumpkin.

**Key words:** pumpkin; amylose; amylopectin; purification; dual-wavelength colorimetric method

中图分类号: TS255.7 文献标识码: A 文章编号: 1002-0306(2018)08-0232-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2018.08.042

引文格式: 李晓娟, 李柱刚, 王珣, 等. 双波长法测定南瓜中直链与支链淀粉含量[J]. 食品工业科技, 2018, 39(8): 232-235, 244.

收稿日期: 2017-08-01

作者简介: 李晓娟(1982-), 女, 博士, 助理研究员, 研究方向: 南瓜资源开发与利用, E-mail: xiaojuanli\_2011@163.com.

\* 通讯作者: 李柱刚(1972-), 男, 博士, 研究员, 研究方向: 南瓜育种及其活性物质分析与利用, E-mail: lizhugang@163.com.

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项经费项目(201303112); 国家自然科学基金(31471546)。

南瓜属葫芦科蔓生草本植物,富含多种营养物质,具有很好的食疗保健功效,其中南瓜对糖尿病的预防作用最受瞩目。谭桂军<sup>[1]</sup>研究发现南瓜具有防治糖尿病的功效是几种成分共同作用的结果,熊学敏等<sup>[2]</sup>证实南瓜多糖具有降糖作用。南瓜中的淀粉属均一性多糖,包括直链淀粉和支链淀粉,有研究表明常吃富含直链淀粉的食物能降低机体对胰岛素的需求<sup>[3-4]</sup>,这可能是南瓜具有降糖作用的原因之一。南瓜中直链与支链淀粉含量的比率,不仅是影响食用口感的关键,同时也是影响其功效的要素之一<sup>[5]</sup>。

传统的分光光度法为双波长比色法的发展奠定了基础。单波长法是通过测定直链淀粉及总淀粉含量进而得出支链淀粉含量的方法,准确度较低<sup>[6]</sup>。双波长比色法以同一样液为对象,以不同波长下吸光度差值为测定值,具有较高准确性<sup>[7]</sup>。双波长比色法常以马铃薯为标准品,目前已被广泛应用于高粱、木薯、山药、锥粟、青稞等农作物中直链和支链淀粉含量的同时测定<sup>[8-12]</sup>。但标准品和样品往往存在差异,比如南瓜与马铃薯的直链与支链淀粉紫外扫描光谱就有明显差异,这样测定结果就难免存在一定偏差。

因此,为了避免因对照品差异产生的偏差,本文以南瓜为原料,分离纯化直链与支链淀粉,采用双波长比色法测定了南瓜中直链与支链淀粉含量,并进行方法学验证。此方法的建立,可为研究南瓜淀粉理化特性提供基础,为促进我国南瓜资源的深度开发、利用提供保证。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

南瓜粉 市售;石油醚、正丁醇、异戊醇、盐酸、氢氧化钠、酒石酸氢钾、碘、碘化钾、无水乙醇等 均为分析纯。

UV-1601 紫外可见分光光度计 日本岛津 SHIMADZU;1-15 台式离心机 德国 Sigma;PB-10 酸度计 赛多利斯科学仪器(北京)有限公司;RE-52CS 旋转蒸发器 上海亚荣生化仪器厂;GR-240 热空气消毒箱 上海博迅实业有限公司医疗设备厂。

### 1.2 实验方法

1.2.1 南瓜粉的脱脂处理 采用索氏抽提器对南瓜粉进行脱脂处理。用滤纸将烘干后的南瓜粉包好,加入石油醚(沸程 30~60 ℃)至索氏抽提瓶内 2/3 处,加热回流至溶液无色(8~10 h,65 ℃),干燥、粉碎后备用。

1.2.2 南瓜待测样品的制备 准确称取干燥脱脂的南瓜粉样品 10.00 g 于烧杯中,加入 200 mL 蒸馏水,65 ℃ 搅拌提取 1 h,8000 r/min 离心 20 min 分离提取液,将提取液浓缩至 1/3,加入浓缩液 2.5 倍体积质量分数为 95% 乙醇搅拌均匀,静置过夜,分离沉淀物,并以无水乙醇洗去杂质,干燥后(40 ℃,8 h),即得南瓜待测试样。

1.2.3 南瓜直链与支链淀粉的分离与纯化 淀粉的粗分离参照 Li 等<sup>[13]</sup>的方法,得到粗直链和粗支链淀粉。将预先配制好的 240 mL 正丁醇饱和水溶液加

入粗直链淀粉中,搅拌加热至溶液澄清后静置 24 h(4 ℃)。混合液于 4 ℃、4000 r/min 条件下离心 20 min,得沉淀物。按以上步骤重复 3 次后,沉淀物以无水乙醇洗去杂质并浸泡 24 h,干燥(40 ℃,8 h)后即得纯直链淀粉。

在粗支链淀粉中加入 20 mL 正丁醇,加热搅拌至溶液澄清后静置 48 h(4 ℃)。混合液于 4 ℃、4000 r/min 条件下离心 20 min,弃去沉淀物,将上清液按上述步骤重复纯化 3 次。将最终获得的上清液浓缩至原来的 1/2,加入 2 倍体积无水乙醇,降温至 4 ℃,收集沉淀物。将沉淀物溶解于 200 mL 0.5 mol/L NaOH 溶液后再次加入 2 倍体积的无水乙醇沉淀,收集沉淀复溶于 200 mL 蒸馏水后再次以 2 倍体积无水乙醇沉淀并洗去杂质,40 ℃ 干燥 8 h,即得纯支链淀粉。

1.2.4 南瓜直链和支链淀粉纯度的表征 参照 Gilbert 等<sup>[14]</sup>的方法测定分离得到直链和支链淀粉的纯度。分别称取 0.01 g 直链和 0.05 g 支链淀粉各置于 50 mL 容量瓶中,分别加入 10 mL 1 mol/L NaOH 溶液,加热使样品溶解,冷却后,各量取 1 mL 直链与支链淀粉溶液,调节溶液 pH 为 3.5,并加入 0.07 g 酒石酸氢钾和 0.5 mL 碘试剂,蒸馏水定容 50 mL,显色 30 min,以碘溶液做空白,在 500~700 nm 范围内测定样品的最大吸收波长,并测定该波长下吸光度  $A_{\max}$ ,按下式计算样品的蓝值。

$$\text{蓝值} = 4 \times A_{\max} / c \quad \text{式(1)}$$

式中,c 为样品质量浓度,mg/100 mL。

1.2.5 南瓜直链淀粉和支链淀粉标准曲线的制作 分别称取 0.10 g 南瓜待测样品、直链和支链淀粉,加入 10 mL 1 mol/L NaOH 溶液,加热振荡至样品彻底溶解,蒸馏水定容 100 mL,即得 1.00 g/L 南瓜淀粉样品、直链和支链淀粉标准储备液。准确量取 1.00 g/L 南瓜待测样品 1.5 mL,并分别量取直链淀粉标准储备液 0.20、0.40、0.60、0.80、1.00、1.20 mL,支链淀粉标准储备液 1.00、1.50、2.00、2.50、3.00、3.50 mL 于 50 mL 烧杯中,加入一定量蒸馏水,用 0.1 mol/L 盐酸调节溶液 pH 至 3.5,加入 0.5 mL 碘试剂,容量瓶定容 50 mL,配制成南瓜样品和标准工作液,以蒸馏水作空白,显色 20 min,测定吸光度。

1.2.6 双波长比色法的方法学验证

1.2.6.1 精密度评价方法 按照 1.2.5 方法测定同一样品 4 次,计算样品含量平均值( $\bar{x}$ ,以相对标准偏差(RSD)表征方法的精密度。

$$\text{RSD} = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}}{\bar{x}} \quad \text{式(2)}$$

1.2.6.2 准确性评价方法 精密量取实验纯化得到的直链和支链淀粉纯品,加入已知含量的样品中,按 1.2.5 方法测定混合样品含量,计算回收率以评价方法的准确性。

回收率(%) = (加入标品后含量(ng) - 样品含量(ng)) / 加入标品量(ng) × 100 式(3)

1.2.6.3 检出限 参照贝塞尔(Bessel)公式法计算方法的检出限<sup>[10,15]</sup>。在相同条件下,检测同一样品 12

次,计算平均值  $\bar{x}$ ,方差  $s^2(x_i)$ 和标准差  $s(x_i)$ 。

$$s^2(x_i) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad \text{式(4)}$$

$$s(x_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad \text{式(5)}$$

由下式计算检出限:

$$D_L = k \cdot s_1 \quad \text{式(6)}$$

式中, $D_L$ 为检出限,mg/mL或%; $s_1$ 为浓度或含量测定结果的标准偏差,mg/mL或%; $k$ 等于2或3。

1.2.7 单波长法测定南瓜样品淀粉含量 南瓜待测样品中总淀粉含量的测定参照 GB/T5009.9-2003 中酸水解法<sup>[16]</sup>;直链淀粉含量的测定参照标准 NY147-88 的方法<sup>[17]</sup>;支链淀粉含量通过计算总淀粉含量与直链淀粉含量的差值得出。

### 1.3 数据处理

每个样品设3个平行,测定结果以平均值 $\pm$ 标准差表示。采用 Excel 软件进行统计分析,Origin 8.0 软件作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 南瓜直链和支链淀粉的蓝值

蓝值是表示淀粉与碘结合能力的重要指标,利用淀粉-碘复合物吸收峰存在的差异也可对直链和支链淀粉的纯度进行表征。由于构成直链淀粉的葡萄糖单元较多,约有800~1200个,所以直链淀粉的蓝值一般在0.8~1.2之间,直链淀粉-碘复合物的吸收峰在600~680 nm,实验分离纯化的南瓜直链淀粉的蓝值和最大吸收波长分别为0.874和645 nm;而支链淀粉的葡萄糖单元较少,约14~30个,所以支链淀粉的蓝值一般在0.08~0.22之间,支链淀粉-碘复合物的吸收峰在520~590 nm<sup>[5]</sup>,实验分离纯化南瓜支链淀粉的蓝值和最大吸收波长分别为0.196和565 nm,表明纯化样品纯度较高。

### 2.2 直链和支链淀粉测定波长的确定

按1.2.5配制的高浓度直链和支链淀粉标准工作液显色后,在400~800 nm范围内扫描,将吸收曲线叠加绘制在同一坐标系里。采用等吸收点作图法选定直链和支链淀粉的测定波长分别为645、565 nm,参比波长分别为495、730 nm(图1)。

### 2.3 双波长比色法标准曲线的绘制

2.3.1 直链淀粉标准曲线 以直链淀粉浓度为横坐标,以645 nm为测定波长,495 nm为参比波长,二者吸光度差值为纵坐标绘制标准曲线(图2),其标准曲线方程如下:

$$y = 0.3127x + 0.0043 \quad \text{式(7)}$$

该方程决定系数( $R^2$ )为0.9981,说明在直链淀粉浓度0.004~0.028 mg/mL范围内线性关系良好。

2.3.2 支链淀粉标准曲线 以支链淀粉浓度为横坐标

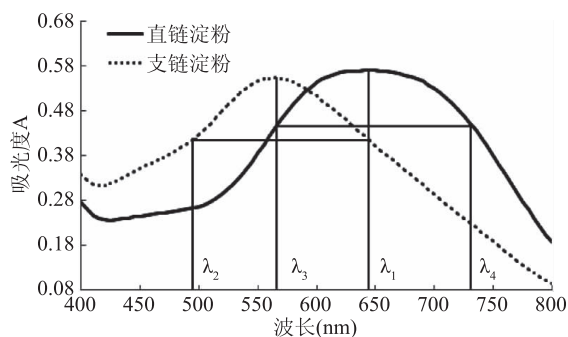


图1 直链和支链淀粉的测定波长和参比波长的确定

Fig.1 The determination wavelength and reference wavelength of amylose and amylopectin

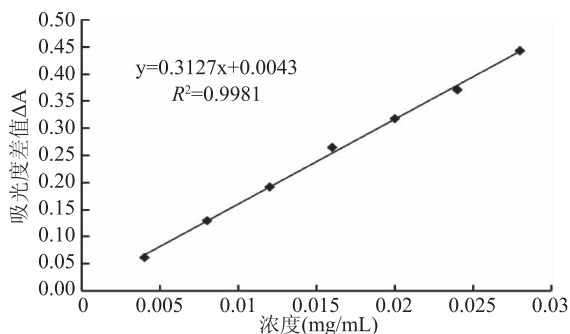


图2 直链淀粉标准曲线

Fig.2 Standard curve of amylose

标,以565 nm为测定波长,730 nm为参比波长,二者吸光度差值为纵坐标绘制标准曲线(图3), $y = 4.4009x + 0.0074$ , $R^2 = 0.9973$ ,0.02~0.07 mg/mL范围内线性关系良好。

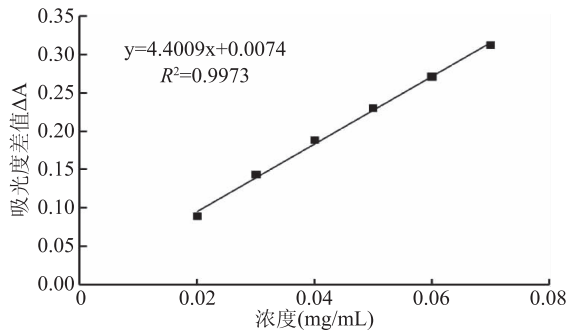


图3 支链淀粉标准曲线

Fig.3 Standard curve of amylopectin

### 2.4 双波长比色法的方法学评价

2.4.1 精度分析 如表1所示,按质量百分含量计算,南瓜中直链淀粉占南瓜待测样品质量的21.64%,支链淀粉占南瓜待测样品质量的50.19%,实验中总淀粉含量为直链淀粉和支链淀粉含量的总和71.83%。周爱梅等<sup>[18]</sup>采用酸水解法测定三个南瓜品种淀粉含量为84.89%~86.48%。这可能是因为酸水

表1 直链和支链淀粉含量及相对标准偏差(%)

Table 1 The concentrations and relative standard deviations of amylose and amylopectin (%)

实验号	1	2	3	4	平均值	相对标准偏差
直链淀粉质量百分含量	21.33	21.70	21.82	21.70	21.64	0.97
支链淀粉质量百分含量	49.81	50.19	49.81	50.94	50.19	1.06



表2 样品回收率

Table 2 Recovery rates of amylose and amylopectin from samples

实验号	加样量 (mg)	测得量 (mg)	回收率 (%)	平均 回收率 (%)	相对标准 偏差 (%)	加样量 (mg)	测得量 (mg)	回收率 (%)	平均 回收率 (%)	相对标准 偏差 (%)
1	0.60	1.20	100.76			2.00	3.83	102.47		
2	0.80	1.39	99.08	98.62	2.43	2.50	4.33	98.02	99.42	2.67
3	1.10	1.19	96.03			3.00	3.73	97.75		

表4 不同方法测定南瓜总淀粉、直链和支链淀粉含量比较(%)

Table 4 Comparison of starch, amylose and amylopectin content by different methods(%)

实验号	单波长比色法				双波长比色法
	1	2	3	平均值	
总淀粉含量	82.04	83.48	81.56	82.36	71.83
直链淀粉含量	23.26	24.01	23.47	23.58	21.64
支链淀粉含量	58.78	59.47	58.09	58.78	50.19

解法无法排除天然糖分的影响,导致结果偏高。实验中,实验值的RSD均小于2%,说明该检测方法重复性良好,具有较高的精度。

2.4.2 准确性分析 由表2可知,样品测定回收率的平均值在98.62%~99.42%之间,在可接受范围内,RSD分别为2.43%和2.67%,表明该分析方法准确度较高。

2.4.3 检出限分析 直链和支链淀粉浓度及标准偏差如表3所示。根据1.2.6.3中公式(6)分别计算出直链淀粉的 $D_L$ 为0.0116 mg/mL,支链淀粉的 $D_L$ 为0.0644 mg/mL( $k=2$ )。证明该分析方法可检测范围较大,实用性较强。

表3 直链和支链淀粉浓度及标准偏差

Table 3 The concentrations and standard deviations of amylose and amylopectin

实验号	直链淀粉(mg/mL)	支链淀粉(mg/mL)
1	0.16	0.63
2	0.17	0.64
3	0.17	0.63
4	0.17	0.66
5	0.16	0.67
6	0.17	0.62
7	0.17	0.65
8	0.16	0.67
9	0.17	0.63
10	0.17	0.61
11	0.17	0.61
12	0.18	0.56
平均值	0.17	0.63
标准偏差	0.0058	0.0322

## 2.5 双波长法与单波长法的比较分析

如表4所示,单波长法测得南瓜待测样品的总淀粉含量为82.36%,明显高于双波长比色法71.83%,这可能是由于酸水解法虽然在处理过程中去除了可溶性糖类,但无法排除部分难溶的非淀粉性糖类对检测结果的影响。与双波长法相比,单波

长法所得直链淀粉含量略高,一方面可能是由于支链淀粉干扰所引起的差异,另一方面该检测方法是针对稻米米质测定所采用的标准方法。两种方法所得支链淀粉含量差别较大,这可能是由于单波长法所得支链淀粉含量是由总淀粉含量和直链淀粉含量的差值计算所得,因此无法排除总淀粉含量和直链淀粉含量测定中的误差,从而导致测定结果的不同。

## 3 结论

首次实现了南瓜中直链和支链淀粉的分离与纯化。以南瓜中直链与支链淀粉为对照品,确立了南瓜样品中淀粉含量测定的双波长比色法,通过精度、准确性以及检出限分析证明该检测方法具有较高的准确性和稳定性。与单波长法相比,该方法更加高效便捷,此外,双波长法以吸光度差值为测定值,排除了不同参比液之间的误差,从而也提高了检测的灵敏度和结果的准确性。

## 参考文献

- [1] 谭桂军. 南瓜多糖对糖尿病降糖作用的研究概况[J]. 天津药学, 2006, 18(1): 50-53.
- [2] 熊学敏, 石扬, 康明, 等. 南瓜多糖降糖有效部位的提取分离及降糖作用的研究[J]. 中成药, 2000, 22(8): 563-565.
- [3] Chang Y, Yan X, Wang Q, et al. Influence of ultrasonic treatment on formation of amylose nanoparticles prepared by nanoprecipitation [J]. Carbohydrate Polymers, 2017, 157: 1413-1418.
- [4] Zhu J, Zhang S, Zhang B, et al. Structural features and thermal property of propionylated starches with different amylose/amylopectin ratio [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2017, 97: 123-130.
- [5] 李海普, 李彬, 欧阳明, 等. 直链淀粉和支链淀粉的表征[J]. 食品科学, 2011, 31(11): 273-277.
- [6] 杨有仙, 赵燕, 李建科, 等. 直链淀粉含量测定方法研究进展[J]. 食品科学, 2010, 31(23): 272-276.
- [7] 加列西·马那甫, 景伟文, 削合来提·再丁. 双波长法测定谷类和豆类作物籽粒中直链和支链淀粉的含量[J]. 新疆农业科

(下转第244页)

包装,泡沫包装等情况下的振动研究还需进一步的研究。

### 参考文献

- [1]周然,刘冰宣,谢晶,等.哈密瓜运输过程品质影响因素及解决方案[J].食品与机械,2013,29(5):176-178.
- [2]张哲,张治权,毛力,等.运输过程中机械振动对猕猴桃贮藏品质的影响[J].食品与机械,2017,33(1):104-109.
- [3]官晖,杨晓清.振动对河套蜜瓜采后生理特性影响的研究[J].内蒙古农业大学学报:自然科学版,2009(1):142-145.
- [4]Grant S W, Turczyn M T, Ashby B H, et al. Potato bruising during transport[J]. Transactions of the ASAE, 1986, 29(4):1176-1179.
- [5]Ceponis M J, Cappellini R A. Wholesale, retail, and consumer level losses of nectarines in metropolitan New York [J]. Hortscience, 1985, 20(1):90-91.
- [6]Peleg K, Hinga S. Simulation of vibration damage in produce transportation [J]. Transactions of the ASAE, 1986, 29(2):633-641.
- [7]Remon S, Venturini M E, Lopez Buesa P, et al. Burlat cherry quality after long range transport: optimization of packaging conditions [J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2003, 4:425-434.
- [8]周然,闫丽萍,李云飞,等.不同内包装的黄花梨运输振动分析和损伤检测[J].武汉理工大学学报,2010,32(18):133-137.
- [9]Jarimopas B, Singh S P. Measurement and analysis of truck transport vibration levels and damage to packaged tangerines during transit [J]. Packaging Technology and Science, 2005, 18:179-188.
- [10]A-P Cherng. Vibration modes of melons of ellipsoidal shape [J]. Transactions of the ASABE, 2000, 43(5):1185-1193.
- [11]Van Zeebroeck M, Tijssens E, Dintwa E, et al. The discrete element method (DEM) to simulate fruit impact damage during transport and handling: case study of vibration damage during
- apple bulk transport [J]. Postharvest Biology and Technology, 2006, 41(1):92-100.
- [12]刘翔,张平,徐伟欣,等.TPA测试条件对甜瓜质构参数的影响[J].中国蔬菜,2015,1(3):38-44.
- [13]曾媛媛,王锡昌,周然,等.运输振动对哈密瓜贮藏品质的影响[J].食品与机械,2016(3):141-144,148.
- [14]康维民,肖念新,蔡金星,等.模拟3自由度振动条件下水果运输振动加速度传递率及损伤研究[J].农业工程学报,2003,19(6):219-222.
- [15]黄祥飞,卢立新.梨果实振动损伤及其对腐变特性的影响[J].农业工程学报,2008(S1):34-37.
- [16]刘林林,呼和,王羽,等.振动参数与梨损伤特性和黏弹性的关系[J].振动与冲击,2016,35(10):139-144.
- [17]刘林林,呼和,张玉琴,等.振动对梨理化性质和损伤特性的影响[J].食品科技,2015,40(12):290-294.
- [18]袁成龙,董晓颖,李培环,等.TPA质构分析硬肉桃果实采后质地变化[J].食品科学,2013(20):273-276.
- [19]程旭.蜜瓜运输共振频率的测定及其对储藏品质的影响[J].农业工程学报,2015,31(11):294-299.
- [20]程旭,杨晓清,董同力,等.蜜瓜动力学特性对其采后贮藏品质影响的研究[J].食品科技,2015(4):52-56.
- [21]吴芳,程曦,王英,等.振动胁迫对杏果实细胞壁物质代谢的影响[J].现代食品科技,2017(3):1-8.
- [22]李玲,温宝琴,吴杰,等.振动胁迫对蟠桃果实加速软化影响的研究[J].食品工业科技,2016(7):305-309.
- [23]刘峰娟,秦宗权,沈艾彬,等.振动胁迫对杏果实品质的影响[J].食品科学,2011(10):266-270.
- [24]Andrews P K, Li S. Cell wall hydrolytic enzyme activity during development of nonclimacteric sweet cherry (*Prunus avium* L) fruit [J]. Journal of Horticultural Science, 1995, 70(4):561-567.
- [25]Zhou H W, Sonogo L, Ben Arie R, et al. Analysis of cell wall components in juice of flavortop nectarines during normal ripening and woolliness [J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1999, 124(4):424-429.
- (上接第235页)
- 学,2010,47(3):564-556.
- [8]范明顺,张崇玉,张琴,等.双波长分光光度法测定高粱中的直链淀粉和支链淀粉[J].中国酿造,2008,27(21):85-87.
- [9]石海信,郝媛媛,方怀义,等.双波长法测定木薯淀粉中直链和支链淀粉的含量[J].食品科学,2011,32(21):123-127.
- [10]王丽霞,李彬,杨事维,等.双波长分光光度法测定新鲜怀山药中直链与支链淀粉的含量[J].食品工业科技,2015,36(5):292-295.
- [11]吴仲,梁一池,陈诗强,等.锥粟中直链和支链淀粉含量同时检测方法研究[J].食品与机械,2014,30(2):72-74.
- [12]谭亮,董琦,耿丹丹,等.双波长比色法测定不同产地和品种青稞中直链淀粉和支链淀粉的含量[J].食品工业科技,2015,36(2):79-84.
- [13]Li X, Xia Y, Gao W, et al. Evaluation of three traditional Chinese medicine starches and potential application in health product industry [J]. Food Hydrocolloids, 2014, 40(40):196-202.
- [14]Gilbert G T, Spragg S P. Iodine metric determination of amylose iodine sorption: BLUE value in methods in carbohydrate chemistry [M]. New York and London: Academic Press, 1964.
- [15]李海峰.检出限几种常见计算方法的分析和比较[J].光谱实验室,2010,27(6):2465-2469.
- [16]GB/T 5009.9-2003,食品中淀粉的测定[S].
- [17]NY147-88,米质测定方法[S].
- [18]周爱梅,杨慧,杨磊,等.不同品种南瓜淀粉的理化特性对比研究[J].现代食品科技,2013,29(8):1784-1790.