

# 主成分分析法综合评价速冻菜用大豆籽粒的品质

姜晓青<sup>1,2</sup>, 宋江峰<sup>2,3</sup>, 李大婧<sup>2,3</sup>, 刘春泉<sup>2,3</sup>

(1.南京农业大学食品科技学院, 江苏南京 210095) (2.江苏省农业科学院农产品加工研究所, 江苏南京 210014)

(3.国家蔬菜加工技术研发分中心, 江苏南京 210014)

**摘要:** 为研究同一地域不同品种速冻菜用大豆籽粒的品质, 本文选取 13 种菜用大豆为试验材料, 测定硬度、色泽、叶绿素、Vc、可溶性蛋白、可溶性糖等影响速冻菜用大豆籽粒品质的 10 项主要理化指标, 并对各指标进行主成分分析 (PCA)。结果表明, 提取的 4 个主成分累计贡献率达 89.33%, 其中第 1、2 主成分对速冻菜用大豆籽粒品质的贡献率相近, 分别为 28.13%、26.55%, 可溶性蛋白、色泽、叶绿素、硬度等为影响速冻菜用大豆籽粒品质的主要因子。筛选出的新大粒 1 号在可溶性蛋白、色泽、叶绿素、硬度等理化指标综合表现出较优品质, 其次为通豆 6 号、徐豆 17 号和通豆 5 号, 主成分综合评价模型与感官评价结果具有高度一致性。这为速冻菜用大豆品种的筛选与品质评价提供了一定理论依据。

**关键词:** 速冻菜用大豆籽粒; 品质; 主成分分析; 综合评价

文章篇号: 1673-9078(2013)8-2020-2024

## Quality Evaluation of Frozen Vegetable Soybean Based on Principal Component Analysis

JIANG Xiao-qing<sup>1,2</sup>, SONG Jiang-feng<sup>2,3</sup>, LI Da-jing<sup>2,3</sup>, LIU Chun-quan<sup>2,3</sup>

(1.College of Food Science and Technology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

(2.Institute of Farm Product Processing, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China)

(3.National Vegetable Processing Technology Research and Development Center, Nanjing 210014, China)

**Abstract:** In order to study the quality of varieties of frozen vegetable soybean grown at the same production sites, 10 kinds of physiochemical indexes related to the quality of 13 kinds of frozen vegetable soybean were measured, including hardness, colour, chlorophyll, vitamin C, soluble protein, soluble sugar and so on. The main indexes were evaluated by principle component analysis (PCA). The results showed that four principal components could reflect most details on frozen vegetable soybean with a cumulative contribution rate of 89.33%. The first and second principal component showed similar contribution rate for the frozen vegetable soybean, being of 28.13% and 26.55%, respectively. Soluble protein, colour, chlorophyll and hardness were main factors affecting the quality of frozen vegetable soybean. Xindali No.1, Tongdou No.6, Xudou No.17 and Tongdou No.5 were selected as the appropriate cultivars for vegetable soybean freeze-processing. The PCA comprehensive evaluation model showed a high positive correlation with the results of sensory evaluation, which could provide a certain theoretical basis to formulate the breeds and quality index of frozen vegetable soybean.

**Key words:** frozen vegetable soybean; quality; principle component analysis; comprehensive evaluation

作为蔬菜食用, 菜用大豆籽粒营养丰富、口感清香甜糯, 深受消费者的喜爱<sup>[1]</sup>。目前我国速冻菜用大豆出口量占世界速冻菜用大豆出口总量的一半以上, 外观、食味及营养品质是速冻菜用大豆最重要的商品品质, 受原料、环境栽培条件、采摘期、生产工艺、贮藏等多种因素的影响<sup>[2-3]</sup>。

通常认为, 适合速冻的果蔬具备突出风味及色泽、耐贮性好、质地坚实、成熟度适当等特性。Crespo. P 等<sup>[4]</sup>研究表明, 不同品种草莓冻结适应性差异显著。Cruz<sup>[5]</sup>等研究发现, 优质速冻豆瓣在贮藏过程中具有色泽良好、Vc 保留率较高等特点。Antonio<sup>[6]</sup>认为红树莓果实是一种机械阻力较低、速冻加工适应性较差的浆果。目前国内外尚未见适于速冻加工的专用菜用大豆品种研究报道。尽管适宜速冻加工的菜用大豆品种众多, 但在原料上的选择还存在很大的盲目性和随意性, 致使产品质量不能保证, 因此研究不同品种速冻

收稿日期: 2013-04-23

基金项目: 江苏省农业科技自主创新资金项目 [CX(12)5027]

作者简介: 姜晓青(1988-), 女, 硕士, 研究方向为果蔬加工与品质评价

通讯作者: 宋江峰

适应性,筛选适宜的速冻菜用大豆品种具有重要意义。

主成分分析法 (principal components analysis, PCA) 是一种将多个因子简化成少数几个综合因子的分析方法,能从众多变量中剔除具有相关性的因子,筛选出主要少数独立综合因子,目前已广泛应用于果蔬<sup>[7]</sup>、发酵食品<sup>[8]</sup>等加工专用品种的筛选、质量评价研究领域。黄英等人研究发现<sup>[9]</sup>,来自不同产地的 12 个绿豆品种对绿豆沙的色泽、外观、风味与口感的影响显著,PCA 分析表明,蛋白质、淀粉、硬度、砂质等为影响其品质的主要因子。本文拟以江苏省农业科学院选育的 13 个菜用大豆品种为试验材料,研究影响速冻菜用大豆籽粒品质的主要理化指标差异,并通过 PCA 分析,结合感官评价,明确主要的品质影响因子,以期速冻菜用大豆品种筛选与品质评价提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

供试的 13 个菜用大豆品种:苏豆 3 号、苏豆 4 号、苏豆 6 号、苏豆 8 号、通豆 5 号、通豆 6 号、淮豆 8 号、徐豆 17 号、新大粒 1 号、宁豆 4 号、苏菜 201、苏菜 254 和区凡 2 号均由江苏省农业科学院蔬菜研究所提供。样品豆荚均采自江苏省农业科学院六合动物科学基地试验田,采样时根据不同品种的采收期,选取 R6-R7 鼓粒期采样。2,6-二氯酚靛酚试剂(纯度 $\geq 98\%$ )、蒽酮、草酸、考马斯亮蓝等试剂均为分析纯。

QTS 型质构仪 英国 CNS Farmell 公司;WSC-S 色差计,上海精密科学仪器有限公司;TU-1810 紫外可见分光光度计,北京普析通用仪器有限公司;BS-224-S 万分之一天平,赛多利斯科学仪器(北京)有限公司;DHG-907385-III 电热恒温鼓风干燥箱,上海新苗医疗器械制造有限公司;JA-3003 千分之一天平,上海舜宇恒平科学仪器有限公司。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 菜用大豆籽粒速冻方法

将不同品种菜用大豆籽粒在沸水中烫漂 90 s<sup>[2]</sup>,用流动的自来水冷却至室温,沥干菜用大豆籽粒表面水分,置于-60℃超低温冰箱快速冻结 20 min,然后放入-18℃冰箱中贮藏。

#### 1.2.2 主要理化指标测定

质地采用 QTS 型质构仪测定,色泽采用 WSC-S 色差计测定,干物质含量采用恒重法,叶绿素含量参考汪雪芳的方法<sup>[10]</sup>,Vc 含量采用 2,6-二氯酚靛酚测定

法,可溶性糖的含量采用蒽酮比色法,可溶性蛋白的含量采用考马斯亮蓝 G-250 染色法。

#### 1.2.3 感官评价

将室温解冻后的菜用大豆籽粒沸水加热 2 min,趁热分发给各个评审员。采用感官评分法进行评价打分<sup>[11]</sup>,评分标准如表 1 所示。评审组由 8 位食品硕士研究生组成,要求独立完成各样品的感官评价。

表 1 速冻菜用大豆籽粒感官评价标准

soybean			
外观	风味	质地	整体评价
具有鲜菜用大豆籽粒光泽,籽粒大且饱满紧凑	特有的清香味	硬度适中,口感细腻,易咀嚼	满意(5分)
具有鲜菜用大豆籽粒光泽,籽粒适中、饱满	清香味较浓郁	硬度适中,口感略感粗糙	可以(4分)
色泽变暗,籽粒适中较饱满	有一定的清香味,稍有涩味	稍硬或稍软,口感粗糙	一般(3分)
色泽较差,籽粒小而松散	涩味较浓,有豆腥味	较硬或较软,口感粗糙	较差(2分)
无光泽,籽粒小且松散	涩味很浓,豆腥味很重	难以咀嚼,口感粗糙	很差(1分)

#### 1.2.4 数据分析

采用 SPSS 13.0 数据处理软件对 13 个速冻菜用大豆品种的 10 项理化品质指标原始数据做多重比较,然后进行主成分分析,计算各品种的综合主成分值,对各品种进行综合评价比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 速冻菜用大豆籽粒理化品质的主成分分析

适宜速冻的菜用大豆籽粒具有质地坚实、风味优良、色泽良好、营养丰富等特点,速冻后其品质保持较好。本研究测定了 13 种速冻菜用大豆籽粒的质地、色泽、营养成分等理化指标,结果见表 2。不同品种间各指标值具有不同程度的差异。硬度是速冻菜用大豆重要的品质评价指标,新大粒 1 号的硬度高于其它品种,通豆 6 号、苏豆 3 号、徐豆 17 号具有较高的硬度值;宁豆 4 号叶绿素含量显著高于其它品种 ( $p < 0.05$ ),且具有较低的  $a^*$  值,表明叶绿素含量与  $a^*$  值具有一定的相关性<sup>[12]</sup>;可溶性糖、蛋白质是菜用大豆籽粒口感的重要来源<sup>[11]</sup>,淮豆 8 号可溶性糖、蛋白质含量低于其它品种,其中可溶性糖含量差异显著 ( $p < 0.05$ );不同品种速冻菜用大豆 Vc 含量的变化范

围为 0.12 mg/g~0.19 mg/g, 在各品种间差异较小。

表 2 速冻菜用大豆籽粒理化品质指标

Table 2 The physiochemical quality index of frozen vegetable soybean

速冻品种	硬度/g	咀嚼度/gmm	L*	a*	b*	干物质/%	叶绿素/(10 <sup>-2</sup> mg/g)	Vc/(10 <sup>-2</sup> mg/g)	可溶性糖/%	可溶性蛋白/%
新大粒 1 号	1081.00 <sup>a</sup>	315.19 <sup>b</sup>	67.27 <sup>a</sup>	-5.82 <sup>a</sup>	38.65 <sup>bc</sup>	38.65 <sup>a</sup>	4.47 <sup>c</sup>	16.05 <sup>bc</sup>	2.61 <sup>c</sup>	1.68 <sup>b</sup>
通豆 6 号	929.50 <sup>ab</sup>	373.29 <sup>ab</sup>	63.98 <sup>ab</sup>	-9.23 <sup>a</sup>	39.41 <sup>b</sup>	38.90 <sup>a</sup>	3.72 <sup>e</sup>	12.58 <sup>d</sup>	3.33 <sup>b</sup>	1.27 <sup>cd</sup>
通豆 5 号	738.00 <sup>bc</sup>	300.47 <sup>b</sup>	66.59 <sup>ab</sup>	-9.43 <sup>b</sup>	42.82 <sup>a</sup>	36.77 <sup>ab</sup>	6.18 <sup>de</sup>	12.19 <sup>d</sup>	3.25 <sup>b</sup>	1.45 <sup>c</sup>
区凡 2 号	714.00 <sup>bc</sup>	165.98 <sup>c</sup>	66.70 <sup>ab</sup>	-5.37 <sup>a</sup>	39.02 <sup>bc</sup>	36.81 <sup>ab</sup>	5.50 <sup>b</sup>	14.69 <sup>c</sup>	2.59 <sup>c</sup>	0.86 <sup>f</sup>
苏菜 254	688.00 <sup>bc</sup>	157.54 <sup>c</sup>	63.29 <sup>ab</sup>	-8.81 <sup>a</sup>	37.78 <sup>bc</sup>	34.45 <sup>b</sup>	6.76 <sup>de</sup>	13.33 <sup>cd</sup>	3.33 <sup>b</sup>	1.25 <sup>d</sup>
淮豆 8 号	352.00 <sup>d</sup>	102.85 <sup>c</sup>	56.64 <sup>c</sup>	-14.97 <sup>b</sup>	39.80 <sup>ab</sup>	27.71 <sup>d</sup>	8.19 <sup>c</sup>	15.06 <sup>bc</sup>	1.50 <sup>d</sup>	0.80 <sup>f</sup>
宁豆 4 号	646.00 <sup>bc</sup>	146.84 <sup>c</sup>	58.59 <sup>bc</sup>	-14.94 <sup>b</sup>	37.54 <sup>bc</sup>	31.07 <sup>c</sup>	12.73 <sup>a</sup>	19.17 <sup>a</sup>	2.57 <sup>c</sup>	0.99 <sup>ef</sup>
徐豆 17 号	821.67 <sup>bc</sup>	389.25 <sup>ab</sup>	66.78 <sup>ab</sup>	-8.77 <sup>a</sup>	41.55 <sup>ab</sup>	35.19 <sup>b</sup>	6.84 <sup>d</sup>	13.65 <sup>cd</sup>	3.41 <sup>ab</sup>	1.46 <sup>c</sup>
苏菜 201	359.50 <sup>d</sup>	115.77 <sup>c</sup>	62.31 <sup>ab</sup>	-13.15 <sup>b</sup>	36.09 <sup>c</sup>	28.33 <sup>cd</sup>	4.89 <sup>e</sup>	16.76 <sup>b</sup>	3.47 <sup>ab</sup>	1.05 <sup>e</sup>
苏豆 8 号	591.00 <sup>c</sup>	104.60 <sup>c</sup>	60.03 <sup>bc</sup>	-11.65 <sup>b</sup>	40.62 <sup>ab</sup>	32.45 <sup>bc</sup>	10.24 <sup>b</sup>	18.37 <sup>ab</sup>	2.23 <sup>c</sup>	1.06 <sup>e</sup>
苏豆 6 号	605.00 <sup>c</sup>	315.87 <sup>b</sup>	64.54 <sup>ab</sup>	-9.55 <sup>ab</sup>	40.06 <sup>ab</sup>	32.77 <sup>bc</sup>	6.39 <sup>de</sup>	14.77 <sup>c</sup>	3.29 <sup>b</sup>	1.38 <sup>cd</sup>
苏豆 4 号	831.67 <sup>bc</sup>	315.15 <sup>b</sup>	61.86 <sup>b</sup>	-14.32 <sup>b</sup>	41.81 <sup>ab</sup>	37.81 <sup>ab</sup>	5.98 <sup>de</sup>	12.62 <sup>d</sup>	3.79 <sup>a</sup>	1.67 <sup>b</sup>
苏豆 3 号	875.50 <sup>ab</sup>	425.29 <sup>a</sup>	65.07 <sup>ab</sup>	-11.51 <sup>b</sup>	39.77 <sup>ab</sup>	34.79 <sup>b</sup>	5.14 <sup>e</sup>	15.83 <sup>bc</sup>	3.23 <sup>b</sup>	1.90 <sup>a</sup>

注: 具有相同字母表示差异不显著, 字母不同差异显著 (p<0.05)。

速冻菜用大豆籽粒评价指标具有不同的量纲及数量级, 为了避免其对结果的影响, 在数据分析前必须对原始数据进行标准化处理。标准化的数据通过

SPSS13.0 进行主成分分析得到方差贡献分析表和经过方差极大正交旋转后的主成分载荷矩阵, 分别如表 3、表 4 所示。

表 3 方差贡献分析表

Table 3 Total variance of the results

成分	初始特征值			提取平方和载入			旋转平方和载入 <sup>a</sup>		
	方差特征值	方差贡献率/%	累计贡献率/%	方差特征值	方差贡献率/%	累计贡献率/%	方差特征值	方差贡献率/%	累计贡献率/%
1	5.56	55.56	55.56	5.56	55.56	55.56	2.81	28.13	28.13
2	1.36	13.57	69.12	1.36	13.57	69.12	2.65	26.55	54.68
3	1.05	10.47	79.59	1.05	10.47	79.59	1.96	19.59	74.26
4	0.97	9.74	89.33	0.97	9.74	89.33	1.51	15.07	89.33
5	0.41	4.08	93.41						
6	0.39	3.90	97.31						
7	0.14	1.43	98.75						
8	0.10	0.95	99.70						
9	0.03	0.25	99.95						
10	0.01	0.05	100.00						

注: 提取方法: 主成分分析。旋转方法: 具有 Kaiser 标准化的正交旋转法。<sup>a</sup> 旋转在 12 次迭代后收敛。

每个主成分的方差即特征值, 表示对应成分能够描述原有信息的多少。按主成份理论分析, 若前 r 个主成份的累积贡献率达到了 85% 原则, 则这 r 个主成份即能反映足够的信息。由表 3 可知, 前 4 个主成份的特征值大于 1, 其中第一主成份的贡献率为 28.13%, 第二主成份的贡献率为 26.55%, 第三主成份的贡献率为 19.59%, 第四主成份的贡献率为 15.07%, 累积贡

献率为 89.33%。因此用前 4 个主成分代替原来 10 个指标评价速冻菜用大豆的理化品质。依据主成分载荷矩阵 (表 4), 可以看出第一主成分以可溶性蛋白的影响为主, 硬度、咀嚼度的影响为辅; 第二主成分以色泽红绿参数 a\* 的影响为主, 以亮度参数 L\* 的影响为辅; 第三主成分以叶绿素的影响为主, 其次是可溶性糖、Vc; 第四主成分以色泽黄蓝参数 b\* 的影响为主。

根据各主成分的贡献率,说明对速冻菜用大豆籽粒理化品质影响最大的是可溶性蛋白、色泽、叶绿素。

通过表4所示主成分载荷矩阵,得到以每个载荷量来表示主成分与对应变量的相关关系,通过计算得到主成分表达式:

$$Z_1=0.75A_1+0.79A_2+0.39A_3+0.04A_4+0.26A_5+0.53A_6-0.18A_7-0.05A_8+0.54A_9+0.90A_{10}$$

$$Z_2=0.59A_1+0.25A_2+0.76A_3+0.97A_4+0.02A_5+0.66A_6-0.45A_7-0.25A_8-0.02A_9+0.10A_{10}$$

$$Z_3=-0.02A_1+0.32A_2+0.39A_3+0.13A_4-0.01A_5+0.16A_6-0.75A_7-0.70A_8+0.73A_9+0.26A_{10}$$

$$Z_4=0.16A_1+0.30A_2+0.06A_3+0.01A_4+0.93A_5+0.34A_6+0.00A_7-0.62A_8-0.04A_9+0.14A_{10}$$

利用公式  $Z=0.28Z_1+0.27Z_2+0.20Z_3+0.15Z_4$ , 计算出13种速冻菜用大豆籽粒品质的主成分得分,即各品种理化品质的综合得分,并按综合得分值进行排序(表5)。

表4 主成分载荷矩阵

Table 4 Component matrix

评价指标	成分			
	1	2	3	4
硬度	0.75	0.59	-0.02	0.16
咀嚼度	0.79	0.25	0.32	0.30
L	0.39	0.76	0.39	0.06
a	0.04	0.97	0.13	0.01
b	0.26	0.02	-0.01	0.93
干物质	0.53	0.66	0.16	0.34
叶绿素	-0.18	-0.45	-0.75	0.00
Vc	-0.05	-0.25	-0.70	-0.62
可溶性糖	0.54	-0.02	0.73	-0.04
可溶性蛋白	0.90	0.10	0.26	0.14

根据综合得分值的排序,可以得出不同品种速冻菜用大豆籽粒的理化品质优劣。由表5可以看出,新大粒1号的综合得分值Z最高。新大粒1号中含有较高的可溶性蛋白,同时具有很好的色泽,二者分别是影响第一主成分、第二主成分的主要因子(表4),因而使得新大粒1号的主成分值  $Z_1$ 、 $Z_2$  也很大(表5),并最终导致综合得分值Z达到2.56,排名第一。说明在这13个菜用大豆品种中,新大粒1号最适宜速冻加工。通豆6号、徐豆17号、通豆5号的综合得分值均在2.11以上,与新大粒1号的综合得分值2.56较为接近,这3种菜用大豆均较适宜速冻加工。此外,苏豆3号、苏豆4号、苏豆6号和区凡2号的综合得分值也都为正值。淮豆8号、宁豆4号的综合得分值分别为-4.43、-3.88,明显低于其他品种。说明适宜加工成

速冻菜用大豆籽粒的品种为新大粒1号、通豆6号、徐豆17号和通豆5号,其次为苏豆3号、苏豆4号、苏菜6号和区凡2号,而最不适宜的品种为宁豆4号和淮豆8号。

表5 理化品质主成分得分

Table 5 Principle component scores and overall scores of the physiochemical quality

速冻品种	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$	Z	排序
新大粒1号	3.65	4.69	1.23	0.34	2.56	1
通豆6号	2.86	3.05	2.74	1.47	2.37	2
通豆5号	2.41	2.20	2.15	2.89	2.12	4
区凡2号	-1.19	2.76	0.19	-0.27	0.39	8
苏菜254	-0.68	0.44	0.74	-0.72	-0.04	9
淮豆8号	-6.69	-5.72	-4.18	-1.42	-4.43	13
宁豆4号	-3.95	-5.04	-4.99	-3.00	-3.88	12
徐豆17号	3.00	2.27	1.90	1.99	2.12	3
苏菜201	-3.80	-3.34	-0.41	-3.57	-2.57	10
苏豆8号	-3.49	-3.10	-4.09	-1.18	-2.78	11
苏豆6号	0.59	0.26	0.91	0.28	0.46	7
苏豆4号	3.29	0.15	2.20	2.44	1.76	6
苏豆3号	3.99	1.39	1.63	0.74	1.92	5

## 2.2 速冻菜用大豆籽粒感官品质比较

表6 感官评价得分结果

Table 6 Scores results of sensory evaluation

速冻品种	感官评分	排名	速冻品种	感官评分	排名
新大粒1号	18.60	1	苏菜254	15.10	8
徐豆17号	18.30	2	苏菜201	14.90	9
通豆6号	17.10	3	区凡2号	14.20	10
通豆5号	16.90	4	苏豆8号	13.80	11
苏豆3号	16.40	5	淮豆8号	12.90	12
苏豆4号	15.80	6	宁豆4号	11.20	13
苏豆6号	15.50	7			

速冻菜用大豆籽粒感官评分结果见表6。通过与表5理化品质综合得分对比可知,除了通豆6号和徐豆17号的排序互换,宁豆4号和淮豆8号的排序互换,区凡2号、苏菜254、苏菜201的排序改变,其余均一致,说明所建立的理化品质评价模型与感官品质评价结果具有较好的一致性。

## 3 讨论

综合评价的方法在菜用大豆评价中应用的主要有模糊评价法和灰色关联度分析法等。韩立德<sup>[13]</sup>运用模糊评价法对不同品种菜用大豆感官品质进行综合分析,该方法是利用评价人员对感官品质进行评价并做



分析。薛香<sup>[4]</sup>运用灰色关联度法对与菜用大豆单株产量相关的8个农艺性状进行关联分析,该方法需要有“理想模型”进行比对。本研究运用PCA方法对不同品种速冻菜用大豆籽粒的品质性状进行综合评价,通过仪器测定了10个理化品质性状,主成分分析提取4个主成分,其累积方差贡献率达到89.33%,反应了原有品质性状的绝大部分信息,以主成分相应的方差贡献率做为权重,根据4个主成分得分和相应的方差贡献率做综合评价模型,得出不同品种速冻菜用大豆品质的综合得分和排序。该方法以各主成分相应的方差贡献率做为权重,避免人为赋予权重造成的影响。主成分分析综合评价法为多指标多品种的样品综合评价提供了一种客观、可行的方法。

#### 4 结论

采用主成分分析法比较了不同速冻菜用大豆品种品质间的差异,色泽、可溶性蛋白、叶绿素等主要性状因子综合反映了速冻菜用大豆籽粒理化品质。根据主成分综合得分,筛选出最适宜速冻加工的菜用大豆籽粒为新大粒1号,其次是通豆6号、徐豆17号、通豆5号。通过对速冻菜用大豆感官品质进一步检验分析,表明本文所建立的理化品质评价模型与感官品质评价结果具有较好的一致性,说明PCA方法可行,可对同一地域不同品种速冻菜用大豆进行有效分类。

#### 参考文献

- [1] 张秋英,李彦生,王国栋,等.菜用大豆品质及其影响因素研究进展[J].大豆科学,2010,29(6):1065-1067  
Zhang Q Y, Li Y S, Wang G D, et al. Quality and factors involved in vegetable soybean production [J]. Soybean Science, 2010, 29(6): 1065-1067
- [2] 李初英,陈怀珠,杨守臻,等.热烫、冷却、速冻处理对毛豆品质的影响[J].食品科学,2006,27(6):223-226  
Li C Y, Chen H Z, Yang S Z, et al. Quality study on vegetable soybean by optimal heating, cooling and quick-freezing treatment [J]. Food Science, 2006, 27(6):223-226
- [3] Guo L, Ma Y, Sun D W, et al. Effect of controlled freezing-point storage at 0 °C on quality of green bean as compared with cold and room-temperature storages [J]. Journal of Food Engineering, 2008, 86(1):25-29
- [4] Crespo P, Bordonaba J G, Teny L A, et al. Characterisation of major taste and health-related compounds of four strawberry genotypes grown at different Swiss production sites [J]. Food Chemistry, 2010, 122:16-24
- [5] Cruz R M S, Vieira M C, Silva C L M. Effect of cold chain temperature abuses on the quality of frozen watercress (*Nasturtium officinale* R. Br.) [J]. Journal of Food Engineering, 2009, 94(1): 90-97
- [6] Antonio D M. Parameters affecting pre-cooking, freezing, storage and transport of red raspberry fruits, individually frozen in discontinuous tunnels. Comparison among five varieties of *Rubus* sP. [J]. International Journal of Refrigeration, 2003, 26: 586-592
- [7] 刘玉花,宋江峰,李大婧,等.即食玉米加工用品种筛选的主成分分析法[J].食品科学,2010,31(9):71-73  
Liu Y H, Song J F, Li D J, et al. Principal component analysis during variety screening for instant corn [J]. Food Science, 2010, 31(9): 71-73
- [8] P Chattopadhyay D G. Application of principal component analysis (PCA) as a sensory assessment tool for fermented food products [J]. J Food Sci Technol, 2012, 49(3):328-334
- [9] 黄英,张波,武晓娟,等.基于主成分分析的绿豆沙加工品种筛选[J].食品科学,2012,33(13):104-107  
Huang Y, Zhang B, Wu X J, et al. Variety screening for mung bean paste production based on principal component analysis [J]. Food Science, 2012, 33(13):104-107
- [10] 汪雪芳.油菜籽叶绿素测定方法研究及利用[D].武汉:华中农业大学,2008  
Wang X F. Study on chlorophyll content determination and application in rapeseed [D]. WuHan:HuaZhong agricultural university, 2008
- [11] Song J Y, An G H, Kim C J. Color, Texture, nutrient contents, and sensory values of vegetable soybeans [*Glycine max*(L.) Merrill] as affected by blanching [J]. Food Chemistry, 2003, 83: 69-74
- [12] B Prieto P S. Color measurements as a reliable method for estimating chlorophyll degradation to pheopigments [J]. Biodegradation, 2011, 22: 763-771
- [13] 韩立德,盖钧镒,邱家驹.应用模糊数学方法评定菜用大豆感官品质[J].大豆科学,2002,21(4): 274-277  
Han L D, Gai J Y, Qiu J X. Study on evaluation method of quality traits of vegetable soybean [J]. Soybean Science, 2002, 21(4):274-277
- [14] 薛香,郇庆炉.菜用大豆主要农艺性状与单株产量的灰色关联度[J].贵州农业科学,2011,39(8):28-30  
Xue X, Gao Q L. Grey relation degree between plant yield and main agricultural traits of vegetable soybean [J]. Guizhou Agricultural Science, 2011, 39(8): 28-30