

华南型黄瓜鲜切加工适宜性的对比分析

高佳^{1,2}, 朱永清^{1,2}, 罗芳耀¹, 邓钱江¹, 梁根云^{2,3}, 刘小俊^{2,3}

(1. 四川省农业科学院农产品加工研究所, 四川成都 610066) (2. 农业部西南地区园艺作物生物学及种质创制重点实验室, 四川成都 610066) (3. 四川省农业科学院园艺研究所, 四川成都 610066)

摘要: 为筛选出适宜的黄瓜鲜切加工新品种, 本试验针对 18 个参加品比试验的华南型黄瓜优良组合和对照品种(燕白黄瓜)开展了鲜切加工适宜性评价, 测定了含水率、可溶性固形物含量(TSSC)、果肉厚度、种腔直径、果肉色差(L^* 、 a^* 、 b^* 值)、果皮硬度、果肉硬度、感官指标(口感、脆度)和出品率 12 项指标。通过统计分析、相关性分析和因子评价确定了 7 个鲜切黄瓜加工适宜性筛选的主评价指标, 通过层次分析确定了主评价指标的权重, 通过灰色关联度分析对 19 个黄瓜样品材料的鲜切加工适宜性进行了排序, 同时结合各样品的田间栽培性状优选出较适宜的鲜切加工样品材料编号为 4# 和 2#。以上结果可为鲜切黄瓜加工过程中原料的选择提供科学依据, 也可为华南型黄瓜鲜切加工专用品种的选育提供指导。

关键词: 黄瓜; 鲜切; 加工; 层次分析法; 灰色关联度

文章编号: 1673-9078(2018)12-45-52

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2018.12.008

Comparative Analysis on the Suitability of Fresh-cut Vegetable Processing for South China Ecotypic Cucumber

GAO Jia^{1,2}, ZHU Yong-qing^{1,2}, LUO Fang-yao¹, DENG Qian-jiang¹, LIANG Gen-yun^{2,3}, LIU Xiao-jun^{2,3}

(1. Institute of Agro-products Processing Science and Technology, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Chengdu 610066, China) (2. Ministry of Agriculture, Key Laboratory of Biology and Genetic Improvement of Horticultural Crops (Southwest Region), Chengdu 610066, China) (3. Institute of Horticulture, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Chengdu 610066, China)

Abstract: In order to evaluate the suitability for fresh-cut vegetable processing of cucumber, 18 South China ecotypic cucumber varieties and a control cultivar (Yanbai cucumber) were planted and harvested. Twelve indices of the fruits were measured, which included moisture content, total soluble solids content (TSSC), flesh thickness, seed cavity diameter, fresh color (L^* , a^* and b^* value), peel and flesh firmness, sensory index (taste feeling and brittleness) and production rate. The main evaluation factors of suitability selection for fresh-cut cucumber processing were determined by statistical analysis results, correlation analysis and factor evaluation, and their weight was determined by analytic hierarchy process. The suitability of 19 cucumber samples for fresh-cut processing was sorted by grey relational analysis. Combined with the field cultivation characteristics of each sample, the suitable fresh-cut samples were selected as 4# and 2#. The above results can provide scientific basis for the selection of varieties of fresh-cut cucumber processing, and also provide guidance to the selection of breeding of special varieties for fresh-cut South China ecotypic cucumber.

Key words: cucumber; fresh-cut; processing; analytic hierarchy process; grey correlation

黄瓜 (*Cucumis sativus* L., $2n=14$) 是葫芦科 (Cucurbitaceae) 黄瓜属 (*Cucumis*) 一年蔓生草本植物^[1], 栽培面积广, 栽培历史悠久, 种质资源丰富, 按其地理分布和生态学特征可分为华南型、华北型、欧洲温室型、欧美露地型、加工型和野生型 6 个生态

收稿日期: 2018-08-17

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2018YFD0100702); 四川省科技计划资助项目 (2018NZ0001)

作者简介: 高佳 (1983-), 女, 博士, 副研究员, 果蔬贮藏保鲜与加工

通讯作者: 刘小俊 (1972-), 男, 博士, 研究员, 蔬菜育种与栽培

类型^[2], 其中华南型黄瓜在我国华南及沿海地区广泛种植, 外形光滑少刺, 口感清甜脆嫩, 深受消费者喜爱^[3]。鲜切黄瓜是新鲜黄瓜在冷链条件下经过切分、清洗杀菌、包装等加工处理, 供消费者直接食用或餐饮业使用的一种黄瓜加工产品, 该产品最大程度的保留了新鲜黄瓜的口感和营养, 具有方便、快捷、安全、健康等特点, 是蔬菜鲜切加工的主要产品种类之一。目前生产中鲜切黄瓜加工主要采用华北型黄瓜品种, 但普遍认为华南型黄瓜的鲜食口感比华北型黄瓜更佳。因此, 开展华南型黄瓜的鲜切加工研究, 采用华

南型黄瓜替代华北型黄瓜品种进行加工,对于改善黄瓜鲜切加工产品口感和风味具有积极作用。

传统蔬菜育种多是以农艺性状调查结果为依据,以抗逆性、丰产性、品质为目标进行品种选育^[4],而关于加工专用型品种的筛选和评价研究较少^[5]。但加工前原料品种的外观、营养和加工特性直接影响了加工产品的质量^[6,7],针对加工要求对品种进行评价,选择适宜的品种材料进行加工非常必要。本文以参试品比试验的18个华南型黄瓜优良新组合和对照(燕白黄瓜)作为研究对象,统一种植,测定了12项基础指标,采用相关性分析确定加工适宜性评价因子,应用层次分析确定评价因子权重,应用灰色关联度分析对19个黄瓜育种材料鲜切加工适应性进行排名和筛选,以期鲜切加工型黄瓜的育种筛选及加工提供科学依据。

表1 供试黄瓜材料田间表现

Table 1 Field cultivation data of cucumbers

样品编号	田间表现
1#	强雌性,长势中等,少量分枝,主蔓结果为主,第一雌花节位2~4节。瓜短圆筒形,黄白皮,缀少量绿色条纹,少量中大刺瘤,白刺。果长约15 cm,单瓜重约170 g,单性结实能力强,连续结瓜能力好。对低温耐光耐受性强。
2#	强雌性,长势较强,少量分枝,主蔓结果为主,第一雌花3~4节。瓜长圆筒形,稍显溜肩形果把,浅绿皮,绿色花斑主要分布在瓜把处,少量中大刺瘤,白刺。果长约23 cm,平均单瓜重约260 g,单性结实能力较强,座果能力中等。
3#	强雌性,长势强壮,分枝能力中等,主蔓结果为主,第一雌花3~4节,瓜长圆筒形,绿皮,瓜顶部和中部附白绿斑纹,瓜色受温度、光照,肥水等外界环境影响较大,早春栽培时一般中后期瓜色较浅,少量中大刺瘤,白刺。果长约25 cm,平均单瓜重约250 g。单性结实能力强,连续结果性好,丰产。
4#	强雌性,长势强,少量分枝,主蔓结果为主,第一雌花2~3节。瓜圆筒形,浅绿皮,绿色花斑主要分布在瓜把处,少量中大刺瘤,白刺。果长约20 cm,平均单瓜重约200 g,单性结实能力强,连座果能力较好。
6#	强雌性,长势偏弱,少量分枝,主蔓结果为主,第一雌花2~3节。瓜圆筒形,绿皮,浅绿色纵条带,少量小刺瘤,白刺。果长约23 cm,平均单瓜重约230 g,早熟,单性结实能力强,连座果能力好。
7#	强雌性,长势偏弱,少量分枝,主蔓结果为主,第一雌花2~3节。瓜圆筒形,溜肩形果把,绿皮,浅绿色纵条带,少量小刺瘤,白刺。果长约23 cm,平均单瓜重约210 g,早熟,单性结实能力强,连座果能力好。
9#	强雌性,长势强,少量分枝,主蔓结果为主,第一雌花3~4节。瓜圆筒形,溜肩形果把,浅绿皮,绿色花斑主要分布在瓜把处,中大刺瘤明显,白刺。果长约20 cm,平均单瓜重约230 g,单性结实能力强,连座果能力好。
10#	强雌性,长势强,少量分枝,主蔓结果为主,第一雌花2~3节。瓜圆筒形,浅绿皮,绿色花斑主要分布在瓜把处,中小刺瘤,白刺。果长约15 cm,平均单瓜重约150 g,单性结实能力强,连座果能力好。
12#	强雌性,长势强,少量分枝,主蔓结果为主,第一雌花2~3节。瓜短圆筒形,白果皮,中小刺瘤,白刺。果长约15 cm,平均单瓜重约130 g,单性结实能力强,连座果能力好。
13#	强雌性,长势中等,少量分枝,主蔓结果为主,第一雌花3~4节。瓜长圆筒形,溜肩形果把,果皮浅绿色,少量深绿斑,主要在果把处。少量小刺瘤,白刺。果长约25 cm,平均单瓜重约200 g。单性结实能力强,连座果能力好。
14#	强雌性,长势强壮,分枝能力中等,主蔓结果为主,第一雌花3~4节,瓜长圆筒形,绿皮,瓜顶部和中部附白绿斑纹,瓜色受温度、光照和肥水等外界环境影响较大,少量中大刺瘤,白刺。果长约26 cm,平均单瓜重约210 g。单性结实能力较强,座果性较好。

转下页

1 材料与方法

1.1 试验材料

本试验19个华南型黄瓜材料其中18个优良新组合为四川省农业科学院园艺研究所选育,对照燕白黄瓜为重庆市科光种苗公司产品,所有材料统一种植于四川省郫都区四川省农业科学院科研基地。于2018年11月22日播种,2月13日定植大棚中,行距65 cm,株距35 cm,试验小区厢宽1.3 m,长3.5 m,种20株,设两重复,顺序排列;栽培管理条件一致;于采收高峰期的4月16日和4月23日分两批提供试验品。参试果实采于植株中部,一致性较好,表面无损伤、无病虫害为害。原料采摘后2 h内送达实验室,处理前于10 °C冷库中放置24 h。

接上页

15#	强雌性，长势强壮，分枝能力中等，主蔓结果为主，第一雌花 3~4 节，瓜长圆筒形，绿皮，瓜顶部和中部附白绿斑纹，瓜色受温度、光照和肥水等外界环境影响较大，少量中大刺瘤，白刺。果长约 25 cm，平均单瓜重约 200 g。单性结实能力较强，座果性较好。
16#	强雌性，长势强壮，分枝能力中等，主蔓结果为主，第一雌花 3~4 节，瓜长圆筒形，绿皮，瓜顶部和中部附白绿斑纹，瓜色受温度、光照和肥水等外界环境影响较大，少量中大刺瘤，白刺。果长约 25 cm，平均单瓜重约 210 g。单性结实能力较强，座果性较，丰产性较好。
18#	强雌性，长势强壮，分枝能力中等，主蔓结果为主，第一雌花 3~4 节，瓜长圆筒形，绿皮，瓜顶部和中部附白绿斑纹，瓜色受温度、光照和肥水等外界环境影响较大，少量中大刺瘤，白刺。果长约 25 cm，平均单瓜重约 200 g。单性结实能力较强，座果性较好。
19#	强雌性，长势强壮，分枝能力中等，主蔓结果为主。第一雌花 3~4 节，瓜长圆筒形，深绿皮，瓜顶部和中部附白绿斑和纵条纹，瓜色受温度、光照和肥水等外界环境影响较大，少量中大刺瘤，白刺，稍起棱。果长约 25 cm，平均单瓜重约 230 g。单性结实能力较强，座果性较好。
20#(燕白 黄瓜)	强雌性，长势强壮，分枝能力中等，主蔓结果为主。第一雌花花节位 2~3 节。绿皮附白色斑纹，瓜色受温度、光照和肥水等外界环境影响较大，少量中大刺瘤，白刺。圆筒形，果长 22 cm 左右，单果重约 220 g。单性结实能力较强，座果性较好。
21#	强雌性，长势强壮，分枝能力中等，主蔓结果为主。第一雌花花节位 2~3 节。白绿皮，附绿色斑纹，少量中大刺瘤，白刺。圆筒形，果长约 27 cm 左右，腔小肉厚，单果重约 220 g。单性结实能力强，座果性好。
22#	强雌性，长势强壮，分枝能力中等，主蔓结果为主。第一雌花花节位 2~3 节。白绿皮，附绿色斑纹，主要分布在把把处，少量中大刺瘤，白刺。圆筒形，果长约 26 cm 左右，腔小肉厚，单果重约 200 g。单性结实能力强，座果性较好。
23#	强雌性，长势强壮，分枝能力中等，主蔓结果为主。第一雌花花节位 2~3 节。浅绿皮，附绿色斑纹，主要分布在把把处，少量中大刺瘤，白刺。圆筒形，果长约 26 cm 左右，腔小肉厚，单果重约 220 g。单性结实能力强，座果性较好。

1.2 仪器设备

色差仪，CR-400，日本 Konica Minolta 公司；质构仪，TA.XT Plus，英国 SMS 公司；手持式糖度计，PAL-1，日本 ATAGO；游标卡尺，上海恒量量具有限公司；电热恒温鼓风干燥箱，DHG-9075A，上海齐欣科学仪器有限公司；蔬菜分瓣器，台湾天烨集团有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 样品处理

将新鲜黄瓜每处理 20 个果用清水洗净表面污染物，沥干后去除两端不可食用部分，切分为 5~6 cm 的节段，采用分瓣器六等分为黄瓜条。测定含水率、可溶性固形物含量 (TSSC)、果肉厚度、种腔直径、果肉色差 (L^* 、 a^* 、 b^* 值)、果皮硬度、果肉硬度、感官指标 (口感、脆度) 和出品率。

1.3.2 指标测定

1.3.2.1 含水率

每个样品编号组混合样品后随机称取 25~30 g 样品放入玻璃平皿中，于 105 °C 烘干 2 h，随后转入 65 °C 下烘干至恒重。含水率记为黄瓜组织烘干后减少的质量占鲜重质量的百分比。每组样品测定 4 个平行。

1.3.2.2 TSSC

每根黄瓜取中间部位挤出汁液后采用手持式糖度计测定，每组样品重复测定 20 根黄瓜，结果取平均值。

1.3.2.3 果肉厚度和种腔直径

采用游标卡尺测量黄瓜中间部位横切面果肉厚度和种腔直径长度，每组样品重复测定 20 根黄瓜，结果取平均值。

1.3.2.4 果肉色差

采用色差仪测定黄瓜横切面果肉中间部分 L^* 、 a^* 和 b^* 值，每根黄瓜测定 2 个数据点，每组样品重复测定 20 根黄瓜，结果取平均值。

1.3.2.5 果皮和果肉硬度

采用 P/2 探头穿刺测定果皮硬度和果肉硬度值，测试位置为每根黄瓜的中间部位，测试速度为 1.5 mm/s，果皮硬度定义为测试最高峰值，果肉硬度定义为 4~7 mm 位移时的平均值。每组样品重复测定 20 根黄瓜，结果取平均值。

1.3.2.6 感官评定

每组样品混合样品后，由 7 名经过训练的科研人员组成感官评定小组，对黄瓜条进行品尝评分。口感评分标准为：9，非常好；7，较好；5，一般；3，不好；1，非常不好。脆度评分标准为：9，清脆；7，较清脆；5，轻微绵软；3，较绵软；1，非常绵软。

1.3.2.7 出品率

采用加工后可食果肉质量与整果鲜重质量的比值表示。

1.4 数据分析

1.4.1 指标确定

对所有测定指标进行相关性分析,评价指标间的信息重叠度,确定核心评价因子个数,并结合实际生产确定评价指标^[6,7]。

1.4.2 评价方法

采用层次分析法,参照 Satty 1-9 标度构造两两比较的判断矩阵,并对半段矩阵的一致性进行检验,确定评价指标的相对权重^[6,7]。

采用灰色系统理论进行评价。以各指标的最优值设定理想品种,为参考序列 L_0 ,采用初值变换消除量纲,参照张学杰^[8]的方法,进行关联系数计算。结合层次分析法确定的权重计算加权关联系数并排序,通过比较与理想品种关联系数的大小对品种的加工适应性进行评价^[7]。

1.4.3 分析软件

结果采用 Excel 进行指标标准化,采用 SPSS 进行差异性和相关性分析。

2 结果与分析

2.1 黄瓜基础指标数据

表2为19份黄瓜供试材料各测定指标的基础数据汇总,表中样品编号对应各品比组合材料田间栽培编号。从表中看见,19个样品组织含水率均值在95.27%~96.78%之间,变异系数为0.60%,表明供试

材料间受含水率影响差异不显著 ($p>0.01$)。而其余10项指标测定值在样品间均存在显著差异 ($p<0.01$),其中种腔直径、果肉厚度和口感指标测定值在样品间变异系数较大,分别为35.21%、25.92%和25.01%;而果肉色差 L^* 值、TSSC 和果肉硬度在样品间变异系数较小,分别为6.01%、7.37%和11.69%。

TSSC 反映了果肉的糖度,值越高,表明果肉甜度越高,从表中可见,样品1#、6#、9#和7#的糖度在 $\alpha=0.05$ 水平上显著高于其他样品。果肉厚度和种腔直径与黄瓜的鲜切加工性能有关,对于即食型鲜切加工产品而言,黄瓜的果肉厚度越大,种腔直径越小,加工损耗越小,产品品质越好。同时,黄瓜籽在切分时不易成型,组织不耐贮运,种腔直径过大还会影响加工后产品的货架期。从表2中来看,4#、10#和13#样品具有相对较厚的果肉和较小的种腔直径。果皮硬度、果肉硬度和口感脆度都反映了黄瓜的组织质地,对于鲜食黄瓜而言,果皮硬度小,脆度高,品质越好。结果中果皮硬度较小的样品有7#、6#、4#和19#;果肉硬度较小的样品有13#、3#、1#和6#;口感脆度较好的样品有22#、6#、14#和21#。色差值代表了果肉颜色信息, L^* 值越大表示亮度越高, a^* 值越小偏绿色, b^* 值越大偏黄色^[7]。表2中 L^* 值的变异系数较小,表明 L^* 值对样品间的影响差异较小。样品果肉偏黄绿色的有12#,与之相反的品种有4#、1#和7#。经过7名研究人员感官评定打分,综合口感相对较好的样品有6#和2#。此外,试验过程中还测定了样品的鲜切加工出品率,平均值在90.5~95.27%之间,但由于受到加工过程中人为操作影响致使误差较大,在后续分析过程中排除了这项指标。

表2 供试黄瓜材料基础指标数据

Table 2 Basic indexes data of cucumbers

样品编号	含水率/%	TSSC/%	果肉厚度/cm	种腔直径/cm	L^* 值	a^* 值	b^* 值	果皮硬度/g	果肉硬度/g	口感	脆度
1#	95.72±0.16 ^{bcd}	3.86±0.23 ^a	1.63±0.20 ^e	0.82±0.28 ^j	77.79±2.22 ^a	-8.89±1.41 ^{ab}	18.64±2.66 ^{kl}	1051.60±193.83 ^{abc}	312.77±38.04 ^{efg}	5.29±1.89 ^e	7.14±1.46 ^{cdef}
2#	96.15±0.61 ^{abc}	3.38±0.15 ^{gh}	1.68±0.18 ^{de}	1.19±0.20 ^f	75.73±1.29 ^b	-10.17±1.25 ^{cd}	20.41±2.52 ^{hij}	1050.00±116.46 ^{abc}	321.41±22.50 ^{cdefg}	8.00±0.58 ^{ab}	8.57±0.53 ^{abc}
3#	96.08±0.17 ^{abcd}	3.37±0.21 ^{gh}	1.89±0.23 ^{bc}	0.91±0.14 ^{ij}	74.31±2.94 ^{bc}	-10.79±1.46 ^{def}	21.51±2.99 ^{defghj}	1022.50±156.46 ^{bcd}	308.72±33.44 ^{fg}	6.43±1.72 ^{bcde}	7.29±1.50 ^{bcd}
4#	96.18±0.16 ^{abc}	3.35±0.14 ^h	2.09±0.31 ^a	0.96±0.15 ^{hij}	73.22±1.89 ^{cde}	-8.73±1.3 ^a	17.86±2.35 ^l	901.55±119.92 ^e	346.47±25.04 ^{bc}	6.57±1.51 ^{b^{cde}}	7.57±1.81 ^{abcde}
6#	95.67±0.32 ^{bcd}	3.80±0.26 ^{ab}	1.81±0.14 ^{bcd}	1.08±0.16 ^{fgh}	71.07±2.82 ^{fg}	-10.41±1.23 ^{de}	20.79±2.55 ^{ghij}	891.31±114.18 ^e	318.66±37.88 ^{defg}	8.86±0.38 ^a	8.86±0.38 ^a
7#	96.06±0.21 ^{abcd}	3.65±0.11 ^{abcde}	1.78±0.25 ^{cd}	1.08±0.23 ^{fgh}	71.35±3.30 ^{efg}	-9.54±1.12 ^{bc}	19.42±2.36 ^{kl}	864.99±93.37 ^e	320.68±22.78 ^{cdefg}	5.71±1.80 ^{cde}	6.43±1.40 ^{ef}
9#	96.47±1.22 ^{ab}	3.69±0.21 ^{abcd}	1.13±0.20 ^{fg}	1.82±0.20 ^{de}	70.89±2.18 ^{fg}	-12.51±2.15 ^{ij}	25.20±4.57 ^b	998.37±117.24 ^{cd}	323.01±36.63 ^{cdefg}	7.14±1.77 ^{abcde}	8.71±0.76 ^{ab}
10#	96.53±0.25 ^{ab}	3.43±0.12 ^{efgh}	1.93±0.14 ^b	0.94±0.09 ^{hij}	72.32±3.01 ^{def}	-10.54±0.67 ^{def}	21.44±1.26 ^{efghi}	1062.20±146.64 ^{abc}	359.56±54.17 ^{ab}	5.57±1.62 ^{de}	6.00±2.24 ^f
12#	95.57±0.14 ^{cd}	3.47±0.30 ^{defgh}	1.01±0.12 ^g	2.02±0.22 ^{ab}	73.19±2.66 ^{cde}	-14.78±1.34 ^{lk}	29.78±2.74 ^a	1004.80±119.55 ^{bcd}	317.43±43.54 ^{defg}	5.71±1.38 ^{cde}	6.86±1.46 ^{def}
13#	95.93±0.24 ^{abcd}	3.64±0.21 ^{bcde}	1.93±0.16 ^b	0.96±0.08 ^{hij}	73.28±2.84 ^{cd}	-12.16±0.85 ^{ij}	24.70±1.80 ^{bc}	1032.00±132.51 ^{bcd}	301.62±30.98 ^g	6.86±1.57 ^{bcde}	7.86±1.46 ^{abcde}
14#	96.19±0.30 ^{abc}	3.61±0.23 ^{bcdef}	1.68±0.15 ^{de}	0.95±0.23 ^{hij}	72.52±3.24 ^{cdef}	-11.09±1.07 ^{efgh}	22.06±2.46 ^{defgh}	1150.60±162.24 ^a	340.07±40.82 ^{bcd}	6.57±1.62 ^{bcde}	8.86±0.38 ^a
15#	95.87±0.39 ^{bcd}	3.49±0.17 ^{defgh}	1.15±0.11 ^{fg}	2.08±0.18 ^a	67.21±4.83 ^{hi}	-10.32±1.75 ^{cde}	19.83±3.58 ^{ijk}	1051.40±216.04 ^{abc}	330.07±40.11 ^{cdef}	6.43±2.15 ^{bcde}	8.29±1.50 ^{abcde}
16#	96.17±0.69 ^{abc}	3.57±0.18 ^{cdefgh}	1.23±0.18 ^f	1.84±0.24 ^{cde}	66.12±3.26 ⁱ	-11.71±0.99 ^{ghi}	22.69±1.99 ^{def}	1110.40±196.35 ^{ab}	337.29±35.99 ^{bcd}	7.43±1.13 ^{abcd}	8.57±0.53 ^{abc}
18#	96.24±0.49 ^{abc}	3.59±0.12 ^{bcdefg}	1.93±0.18 ^b	0.99±0.11 ^{ghi}	70.31±3.37 ^g	-11.06±1.38 ^{efgh}	22.00±2.70 ^{defgh}	1032.50±135.86 ^{bcd}	324.92±31.65 ^{cdefg}	7.43±1.81 ^{abcd}	8.71±0.76 ^{ab}
19#	96.31±0.80 ^{abc}	3.04±0.05 ⁱ	1.23±0.19 ^f	1.99±0.34 ^{abc}	65.71±3.87 ⁱ	-12.18±0.91 ^{ij}	23.12±2.01 ^{cde}	931.10±173.38 ^{de}	328.18±35.79 ^{cdef}	6.71±1.50 ^{bcde}	8.71±0.76 ^{ab}
20#	96.78±0.43 ^a	3.55±0.15 ^{cdefgh}	1.63±0.23 ^e	1.13±0.27 ^{fg}	72.10±2.19 ^{defg}	-11.3±0.83 ^{fgh}	22.54±1.70 ^{defg}	1033.40±146.57 ^{bcd}	333.14±32.66 ^{cdef}	7.71±1.50 ^{abc}	8.71±0.76 ^{ab}
21#	95.27±0.23 ^d	3.74±0.19 ^{abc}	1.24±0.17 ^f	1.90±0.20 ^{bcd}	67.43±2.09 ^{hi}	-10.91±1.31 ^{defg}	21.19±2.84 ^{fghi}	1144.60±136.01 ^a	375.41±37.46 ^a	7.71±1.50 ^{abc}	8.86±0.38 ^a
22#	96.32±0.51 ^{abc}	3.64±0.30 ^{bcde}	1.13±0.14 ^{fg}	1.94±0.20 ^{abcd}	68.53±1.54 ^h	-11.91±1.34 ^{hi}	23.29±2.78 ^{cd}	1004.80±105.39 ^{bcd}	329.06±28.68 ^{cdef}	7.57±1.62 ^{abcd}	9.00±0.00 ^a
23#	95.79±0.89 ^{bcd}	3.41±0.17 ^{fgh}	1.25±0.14 ^f	1.77±0.14 ^e	68.47±2.18 ^h	-12.99±1.39 ^j	25.18±2.89 ^b	1109.10±136.97 ^{ab}	341.78±27.75 ^{bcd}	6.57±1.72 ^{bcde}	7.71±1.38 ^{abcde}
均值	96.07	3.54	1.50	1.45	70.70	-11.33	22.47	1024.10	330.13	6.86	8.04
标准偏差	0.58	0.26	0.39	0.51	4.25	1.94	3.86	163.06	38.59	1.72	1.42
变异系数/%	0.60	7.37	25.92	35.21	6.01	17.13	17.19	15.92	11.69	25.01	17.62
显著性		**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

注：不同的小写字母表示不同黄瓜品种指标在 $\alpha=0.05$ 水平上具有显著性，**表示 $p<0.01$ 。

2.2 应用相关性筛选主评价因子

除去出品率,本试验共测定了11项指标(表2),但部分指标间可能存在一定的相关性,反映了黄瓜的同一品质或加工特性,因此对测定指标进行了相关性分析(表3)。从表3中可得,口感和脆度极显著正相关($p<0.01$),相关系数为0.81,表明口感得分受脆度的影响较大。但口感评分是较为综合的感官指标,包含了甜味、苦味、香味等评价因子的影响,比单独的脆度更能反映黄瓜鲜食品质的好坏,因此在后续分析中可选用口感作为核心评价因子来替代脆度。黄瓜果肉厚度和种腔直径呈极显著负相关($p<0.01$),相关系数为-0.94,而且同时与色差 L^* 值、 a^* 值和 b^* 值分别呈显著或极显著相关性,表明彼此之间可能存在一定

的内在联系。在黄瓜鲜切加工评价中,果肉厚度属于对加工产品商品性具有积极影响作用的因素,因此可选取果肉厚度作为后续分析的核心评价因子。色差 a^* 值和 b^* 值呈极显著负相关($p<0.01$),相关系数为-0.98,且 a^* 值与种腔直径和果肉厚度均呈极显著相关性,因此选择 a^* 值替代 b^* 值作为果肉颜色的核心评价因子进行后续分析。果皮硬度、果肉硬度、TSSC和含水率指标均未与其他测定指标之间呈现一定的相关性,表明这些指标在测定的指标范围内代表了各自独立的信息。结合表2和表3的结果分析,剔除样品间变异系数不显著的含水率和相关性极显著的信息重叠指标,归类简化后将口感、果肉厚度、果皮硬度、果肉硬度、TSSC、 L^* 值和 a^* 值7项指标作为后续分析的核心评价指标。

表3 黄瓜测定指标间的相关性

Table 3 Correlation coefficient between indexes of cucumbers

项目	口感	脆度	果皮硬度	种腔直径	果肉厚度	果肉硬度	含水率	L^* 值	TSSC	a^* 值	b^* 值
口感	1.00										
脆度	0.81**	1.00									
果皮硬度	0.00	0.21	1.00								
种腔直径	0.12	0.33	0.15	1.00							
果肉厚度	-0.03	-0.31	-0.27	-0.94**	1.00						
果肉硬度	0.07	0.08	0.40	0.23	-0.14	1.00					
含水率	0.04	0.08	-0.14	-0.21	0.22	-0.04	1.00				
L^* 值	-0.30	-0.43	-0.09	-0.73**	0.56*	-0.43	0.01	1.00			
TSSC	0.16	0.11	0.14	-0.21	0.04	-0.08	-0.32	0.23	1.00		
a^* 值	-0.04	-0.14	-0.23	-0.60**	0.62**	0.11	0.05	0.33	0.20	1.00	
b^* 值	-0.02	0.04	0.19	0.49*	-0.54*	-0.18	-0.05	-0.18	-0.12	-0.98**	1.00

注: **表示 $p<0.01$, *表示 $p<0.05$ 。

表4 判断矩阵及一致性检验

Table 4 Appraisal matrix and consistency check

指标	口感	果皮硬度	果肉硬度	果肉厚度	L^* 值	TSSC	a^* 值	特征向量
口感	1	5	4	2	8	3	6	0.3545
果皮硬度	1/5	1	1/2	1/4	3	1/3	2	0.0692
果肉硬度	1/4	2	1	1/3	4	1/2	3	0.1050
果肉厚度	1/2	4	3	1	6	2	5	0.2366
L^* 值	1/8	1/3	1/4	1/6	1	1/5	1/2	0.0307
TSSC	1/3	3	2	1/2	5	1	4	0.1582
a^* 值	1/6	1/2	1/3	1/5	2	1/4	1	0.0459

表5 主评价指标权重

Table 5 Weight of main evaluation indexes

指标	口感	果肉厚度	TSSC	果肉硬度	果皮硬度	a^* 值	L^* 值
权重/%	35.45	23.66	15.82	10.50	6.92	4.59	3.07

2.3 应用层次分析法确定评价因子权重

参照 Satty1-9 标度,按照各核心评价指标对黄瓜鲜切加工影响的重要程度构造了两两比较的判断矩阵

表(表4),用和积分法计算出判断矩阵的最大特征值 $\lambda_{max}=7.1795$ 。对判断矩阵的一致性进行检验,当判断矩阵为7阶矩阵($n=7$)时,平均随机一致性指标 $RI=1.36$,一致性指标 $CI=(\lambda_{max}-n)/(n-1)$,一致性比率 $CR=CI/RI=0.022$, $CR<0.1$,认为该判断矩阵的一致性可接受,得到各个指标的权重如表5所示。口感评价得分最高为35.45%;果肉厚度、TSSC和果肉硬度次之,分别为23.66%、15.82%和10.50%;果皮硬度、 a^* 值和 L^* 值的权重相对较小,分别为6.92%、4.59%和3.07%。

2.4 应用灰色关联分析进行样品鲜切加工适宜性排序

灰色关联分析是通过计算各个样品与理想样品之间的关联系数来进行评价,关联系数越大表明其与理想品种的相似程度越高,适宜性越好^[7]。对鲜切黄瓜产品而言,7项核心评价指标中口感、果肉厚度、 L^* 值和TSSC值越大越好,而其余果皮硬度、果肉硬度

和 a^* 值这三项指标则越小越好。因此,参考各指标的测定值,拟定了理想品种的参考值,即感官得分为9、果皮硬度为860g、果肉硬度为380g、果肉厚度为2.1cm、 L^* 值为80、TSSC为4%、 a^* 值为-15。为消除量纲影响,参照张学杰^[8]的方法,对数据进行无量纲处理,分辨系数 $\rho=0.5$ 。并将各指标的关联系数赋予层次分析法确定的相应权重(表5),得到不同黄瓜样品对于理想品种的加权关联系数,并对加权关联系数大小排序,结果见表6。

从表6中可得,与理想品种相比,加权关联度排名前5的样品标号分别为6#、4#、7#、2#和20#,表明从计算结果来看这些样品较适宜于鲜切加工。各样品的田间栽培性状显示(表1),所有样品均表现为强雌性,4#和2#田间长势强,连座果能力好;6#和7#长势偏弱;20#瓜色受环境因素影响较大,在逆境条件下果实偶有苦味。原料品种的差异会显著影响其加工产品的品质稳定性^[7],因此结合品种的田间生长状况和鲜切加工类型的特殊要求,优选出4#和2#作为较适宜的鲜切黄瓜加工材料。

表6 各样品的关联系数和加权关联系数

Table 6 Correlation coefficients and weight coefficient of each samples

样品名称	口感	果皮硬度	果肉硬度	果肉厚度	L^* 值	TSSC	a^* 值	加权关联度	加权关联度排序
1#	0.39	0.54	0.60	0.55	0.91	0.89	0.39	0.5362	18
2#	0.71	0.55	0.63	0.57	0.84	0.64	0.45	0.6422	4
3#	0.48	0.59	0.59	0.73	0.79	0.63	0.49	0.5781	13
4#	0.50	0.85	0.76	1.00	0.76	0.62	0.39	0.6953	2
6#	0.95	0.89	0.62	0.66	0.71	0.85	0.46	0.8188	1
7#	0.42	0.99	0.63	0.64	0.71	0.77	0.42	0.6478	3
9#	0.56	0.62	0.64	0.36	0.70	0.78	0.62	0.5907	11
10#	0.41	0.53	0.84	0.77	0.74	0.64	0.47	0.5793	12
12#	0.42	0.61	0.62	0.34	0.76	0.67	0.96	0.5406	17
13#	0.53	0.57	0.56	0.78	0.76	0.76	0.59	0.5988	9
14#	0.50	0.44	0.72	0.57	0.74	0.74	0.51	0.5549	15
15#	0.48	0.54	0.67	0.37	0.63	0.68	0.46	0.5332	19
16#	0.61	0.48	0.71	0.39	0.61	0.72	0.55	0.5716	14
18#	0.61	0.57	0.65	0.77	0.69	0.73	0.50	0.6302	6
19#	0.51	0.77	0.66	0.39	0.60	0.53	0.59	0.5925	10
20#	0.65	0.57	0.69	0.55	0.73	0.74	0.52	0.6324	5
21#	0.65	0.44	0.97	0.39	0.63	0.81	0.49	0.6268	7
22#	0.63	0.61	0.67	0.36	0.65	0.75	0.56	0.6085	8
23#	0.50	0.48	0.73	0.40	0.65	0.65	0.67	0.5411	16

3 结论

通过对测定指标的统计分析、相关性分析和因子评价,确定了鲜切黄瓜加工适宜性的评价指标为口感、

果肉厚度、TSSC、果肉硬度、果皮硬度、果肉色差 a^* 和 L^* 值;通过层次分析确定各主评价指标的权重分别为35.45%、23.66%、15.82%、10.50%、6.92%、4.59%和3.07%;应用灰色关联分析对19个黄瓜样品材料的

鲜切加工适宜性进行了排序, 结合各样品的田间栽培性状优选出较适宜的鲜切加工样品材料为 4#和 2#, 表明该评价体系能够较合理的指导黄瓜田间育种, 筛选适宜的黄瓜鲜切加工品种。

参考文献

- [1] 林德佩. 黄瓜植物的起源和分类研究进展[J]. 中国瓜菜, 2017, 30(7): 1-3
LIN De-pei. A study of origin and taxonomy on cucumber [J]. China Cucurbits and Vegetables, 2017, 30(7): 1-3
- [2] 张海英, 王永健, 许勇, 等. 黄瓜种质资源遗传亲缘关系的 RAPD 分析[J]. 园艺学报, 1998, 25(4): 345-349
ZHANG Hai-ying, WANG Yong-jian, XU Yong, et al. RAPD used in analysis of genetic relationships of cucumber (*Cucumis sativus* L.) germplasm [J]. Acta Horticulturae Sinica, 1998, 25(4): 345-349
- [3] 史建磊, 陈先知, 黄宗安, 等. 华南型黄瓜主要农艺性状遗传多样性评价[J]. 核农学报, 2016, 30(10): 1914-1924
SHI Jian-lei, CHEN Xian-zhi, HUANG Zong-an, et al. Genetic diversity of evaluation on main agronomic traits in South China ecotypic cucumber [J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2016, 30(10): 1914-1924
- [4] 方智远. 中国蔬菜育种科学技术的发展与展望[J]. 农学报, 2018, 8(1): 12-18.
FANG Zhi-yuan. Development progress and future perspectives of vegetable breeding sciences and technologies in China [J]. Journal of Agriculture, 2018, 8(1): 12-18
- [5] 杜永臣. 中国蔬菜育种近期主要研究方向和目标(综述)[J]. 河北科技师范学院学报, 2004, 18(2): 6-9
DU Yong-chen. The orientation and aim of recent study in vegetable breeding [J]. Journal of Hebei Normal University of Science & Technology, 2004, 18(2): 6-9
- [6] 李慧, 毛胜利, 胡鸿, 等. 不同甜椒品种鲜切加工适宜性评价[J]. 食品科学, 2012, 33(15): 136-139
LI Hui, MAO Sheng-li, HU Hong, et al. Evaluation of fresh-cut processing suitability of different sweet pepper cultivars [J]. Food Science, 2012, 33(15): 136-139
- [7] 沈月, 高美须, 杨丽, 等. 中国主栽青辣椒品种鲜切加工适宜性评价[J]. 农业工程学报, 2016, 32(S2): 359-368
SHEN Yue, GAO Mei-xu, YANG Li, et al. Suitability analysis of fresh-cut vegetable processing for twenty main green capsicum cultivars in China [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2016, 32(S2): 359-368
- [8] 张学杰. 不同胡萝卜品种制汁加工特性的灰色关联度分析评价[J]. 食品科学, 2007, 28(7): 54-56.
ZHANG Xue-jie. Evaluation on different carrot varieties for juice processing by grey correlative degree analysis [J]. Food Science, 2007, 28(7): 54-56