

鲜食玉米的感官描述词建立及感官品质特性分析

李懿霖¹, 王思思², 靳安文¹, 钟 葵², 刘桂荣¹, 史波林²,
单冰淇¹, 赵 镭², 高 嵩¹, 汪厚银^{2*}

(1. 黑龙江飞鹤乳业有限公司, 齐齐哈尔 161000; 2. 中国标准化研究院农业食品标准化研究所, 北京 102200)

摘 要: **目的** 建立鲜食玉米感官描述词并用其分析不同品种样品的感官品质。**方法** 建立 10 人评价小组, 先通过小组讨论对描述词进行初步整理, 采用 *M* 值法、主成分分析及相关分析对描述词进行多轮筛选。进一步通过 8 个不同品种鲜食玉米的定量描述分析对所建立的描述词进行验证。**结果** 共收集到 95 个感官描述词, 初步整理后得到 34 个描述词。经过多轮筛选得到包括黏性、咀嚼性、光泽度、饱满度、玉米香、汁水度、甜味、渣粒感在内的 8 个描述词, 用于评价鲜食玉米的感官品质, 并通过小组讨论给出各描述词释义并确定参比样及评价方式。定量描述分析结果表明不同品类样品感官特性间存在显著差异, 且相关感官特征与淀粉含量、可溶性糖含量、水分、蛋白质含量均存在相关性。**结论** 本研究建立了适用于鲜食玉米的 8 个感官描述词, 定量描述分析结果表明建立的感官描述词汇表能准确描述相关样品的感官品质, 体现样品间的感官差异, 为鲜食玉米感官评价体系构建、品种培优育优提供参考。

关键词: 鲜食玉米; 感官描述词; 多元统计分析; 感官品质; 关联分析

Establishment of sensory descriptors and analysis of sensory quality characteristics of fresh corn

LI Yi-Lin¹, WANG Si-Si², JIN An-Wen¹, ZHONG Kui², LIU Gui-Rong¹, SHI Bo-Lin²,
SHAN Bing-Qi¹, ZHAO Lei², GAO Song¹, WANG Hou-Yin^{2*}

(1. Heilongjiang Feihe Dairy Industrial Co., Ltd., Qiqihar 161000, China;

2. Institute of Agricultural Food Standardization, China National Institute of Standardization, Beijing 102200, China)

ABSTRACT: Objective To establish sensory descriptors of fresh corn and use them to analyze the sensory quality of different varieties of samples. **Methods** The sensory panel of 10 assessors was built. The descriptors were first initially organized through group discussions, and multiple rounds of screening of the descriptors were conducted using the *M*-value, principal component analysis and correlation analysis. The established descriptors were further validated by quantitative descriptive analysis of 8 different varieties of fresh corn. **Results** A total of 95 sensory descriptors were collected, and 34 descriptors were obtained after preliminary sorting. The 8 descriptors, including sticky, chewiness, glossiness, body, corn flavored, juicy, sweet and slag were obtained through multiple rounds of screening. Furthermore, the interpretation of each descriptor with the reference materials was established. The results of quantitative descriptive analysis showed that there were significant differences between the sensory characteristics

基金项目: 中央级事业单位基本科研业务费项目(562018Y-5983)、黑龙江飞鹤乳业有限公司科研项目(562021H-8843)

Fund: Supported by the Special Fundamental Research Fund for the Central Public Scientific Research Institutes (562018Y-5983), and the Fundamental Research Funds for the Heilongjiang Feihe Dairy Industrial Co., Ltd. (562021H-8843)

***通信作者:** 汪厚银, 副研究员, 主要研究方向为感官分析与标准化。E-mail: wanghy@cnis.ac.cn

***Corresponding author:** WANG Hou-Yin, Associate Professor, China National Institute of Standardization, No.36, Yong'an Road, Changping District, Beijing 102200, China. E-mail: wanghy@cnis.ac.cn

of the samples of different categories, and the relevant sensory characteristics were correlated with starch content, soluble sugar content, moisture and protein content. **Conclusion** In this study, 8 sensory descriptors applicable to fresh corn have been established, and the results of quantitative descriptive analysis show that the established sensory descriptors can accurately describe the sensory quality of relevant samples and can reflect the sensory differences between samples, which can provide references for the construction of sensory evaluation system of fresh corn and the superior cultivation of varieties.

KEY WORDS: fresh corn; sensory descriptors; multivariate statistical analysis; sensory quality; correlation analysis

0 引言

鲜食玉米是指在乳熟后期至蜡熟初期采摘直接食用其鲜嫩果穗的玉米,主要包括甜玉米、糯玉米和甜加糯玉米,富含多种营养物质,口感嫩、甜、糯、香,是深受消费者青睐的餐桌新宠^[1-2]。近年来我国鲜食玉米生产和消费市场快速增长,2022 年全国鲜食玉米总种植面积超过了 2500 万亩,市场消费量高达 570 亿穗,通过审定的品种有 378 个^[3-4]。感官品质是鲜食玉米质量的关键指标,包括外观品质和蒸煮品质,对消费者购买行为及产品市场接受度有重要的指导作用^[5-6]。感官评价是直接通过嗅觉、味觉、听觉、视觉和触觉所引起的响应测量、分析和解释产品的一种科学方法,是食品安全预警和变质、掺假检验及产品质量改善的主要依据^[7-8]。目前鲜食玉米的感官评价主要参考农业农村部 2020 年颁布的 NY/T 523—2020《专用籽粒玉米和鲜食玉米》。该标准分别从外观、气味、色泽、适口性、滋味、甜玉米的甜度、糯玉米的糯性及甜加糯玉米的甜糯性等指标给出评价依据。其中每个指标均划分出 3~4 个层级,依据相应指标明显程度进行评分,适用于样品品质分级,而对于同级样品间差异分析难度较大,且未给出参比样,评价的主观性较强。此外糯玉米也存在甜度,甜加糯玉米的甜度和糯性取决于样品中甜籽粒和糯籽粒的数量^[9],将甜糯性作为一个指标进行评分也存在一定难度。现有的报道中也多是基于标准分别针对某一品类(多为甜玉米或糯玉米,少见甜加糯玉米)进行横向比较分析^[10-14],未见对鲜食玉米描述词及感官评价体系的相关研究,需要一种可同时适用于 3 个品类玉米的综合性感官评价体系。且现有的评价方法所述及的评价指标及评分标准均比较笼统,因而有必要建立一套更为客观的感官评价方法。

有研究表明鲜食玉米理化指标和用于表征感官品质的感官特征间存在一定的相关性,且理化指标对感官特征有重要的贡献^[15-17]。孙海涛^[10]通过对糯玉米感官特征及理化特征分析发现,水分含量和蛋白质含量均与硬度、脆度、咀嚼性呈显著负相关,蛋白质含量及脂肪含量均与黏性呈显著正相关。魏常敏等^[11]对淮海地区 18 个鲜食糯玉米新品种的蒸煮品质和理化性质进行了相关分析和灰色关联度分析发现粗淀粉含量和皮渣率对综合评分影响小,而皮的

薄厚、糯性、风味和色泽对综合评分影响大。因而对于感官品质和理化成分相关性研究对定向选育营养又好吃的新品种具有一定指导作用。

本研究首先建立鲜食玉米感官描述词,并使用所建立的感官描述词及评价方法对 8 个不同品种鲜食玉米感官品质进行定量描述性分析,进一步探索感官品质与理化成分之间的相关性,旨在为鲜食玉米感官评价体系构建、品质评价及品种优培优育提供參考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

本研究选取了 12 个市售真空包装鲜食玉米用于感官描述词的建立,其中甜糯玉米 2 个、糯玉米 6 个、甜(水果)玉米 4 个。选取 8 个不同品种的鲜食玉米作为实验样品用于定量描述性分析和理化成分测定。所有样品生产日期均为 2022 年 4 月,保质期为 12 个月,详细信息见表 1。太古白砂糖、徐福记棉花糖、嫩豌豆(市售);景田水(北京景田食品饮料有限公司)。

玉米香精、谷物香精(广州市凯虹香精香料有限公司);硫酸、盐酸、海沙、无水乙醇(分析纯,国药集团化学试剂有限公司);无水碳酸钠、碳酸氢钠、氢氧化钠、碘化钾、碘酸钾、硫酸铜、草酸钾、硫酸锌、亚铁氰化钾、硫代硫酸钠、可溶性淀粉(分析纯)、葡萄糖标准品(纯度 $\geq 99.5\%$)(上海阿拉丁生化科技股份有限公司);石油醚(沸程 30~60℃)、碘、酒石酸钾钠、乙醚、甲苯、三氯甲烷(分析纯)(上海麦克林生化科技有限公司);乙酸锌(分析纯,汕头市西陇化工厂有限公司);甲基红、亚甲蓝(分析纯,天津市科密欧化学试剂有限公司);高峰淀粉酶(酶活力 ≥ 1.6 U/mg,上海瑞楚生物科技有限公司)。

1.2 仪器与设备

ME204 型电子天平[精度 0.0001 g,梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司];DHG-9024 型电热鼓风干燥箱(上海一恒科学仪器有限公司);rapid-N 型蛋白质测定仪(德国元素分析系统公司);XT101 型全自动脂肪测定仪(美国 ANKOM 科技公司);CARY 100 Conc 型紫外-可见分光光度计(美国 Agilent 科技公司);ZFG-10D 型德玛仕蒸箱(德国德玛仕有限公司)。

表 1 鲜食玉米样品基本信息
Table 1 Main informations of fresh corn samples

品名	样品编号	品类	生产厂商/品种	备注
闲居人黑糯玉米	BW1	糯玉米	吉林省闲居人电子商务有限公司	
糯玉米穗	BW2	糯玉米	吉林省农嫂食品有限公司	
黑糯玉米	BW3	糯玉米	北京玉米神食尚文化有限公司	
黑珍珠鲜玉米	BW4	甜糯玉米	黑龙江北纬四十七绿色有机食品有限公司	
闲居人糯玉米	YW1	糯玉米	吉林省闲居人电子商务有限公司	
黄糯玉米	YW2	糯玉米	吉林省农嫂食品有限公司	感官描述词建立用样品
甜糯玉米	YW3	甜糯玉米	北京玉米神食尚文化有限公司	
鲜糯玉米	YW4	糯玉米	黑龙江北纬四十七绿色有机食品有限公司	
闲居人水果玉米	SW1	甜玉米	吉林省闲居人电子商务有限公司	
甜玉米穗	SW2	甜玉米	吉林省农嫂食品有限公司	
水果甜玉米	SW3	甜玉米	北京玉米神食尚文化有限公司	
鲜甜玉米	SW4	甜玉米	黑龙江北纬四十七绿色有机食品有限公司	
甜玉米	OFL	甜玉米	奥弗兰	
	CW	甜玉米	脆王	
甜糯玉米	NK	甜糯玉米	农科糯336	
	HZZ	甜糯玉米	黑珍珠	感官评价、理化成分测定用样品
	WN2000	糯玉米	万糯2000	
糯玉米	XHN	糯玉米	小黄黏	
	WN2018	糯玉米	万糯2018	
	BSN	糯玉米	博斯糯9号	

1.3 实验方法

1.3.1 样品制备

每个样品随机抽取 10 穗, 去除外包装后放入蒸盘(每个样品分别放入单独的蒸屉中), 蒸制 20 min(含上蒸汽时长 5 min)。取出沥干水分, 去除头部和尾部(头尾分别去除约 3 cm), 将中间部位切成 3 cm 长的玉米段放入白磁盘中于 50℃恒温柜中保温备用, 采用三位随机数字对样品编码。

1.3.2 评价小组建立及培训

(1)评价小组建立

依据 GB/T 16291.1—2012《感官分析选拔、培训与管理 评价员一般导则第 1 部分: 优选评价员》招募筛选评价员, 共筛选到 30 名健康状况良好、描述能力强, 且通过基本味觉、嗅觉匹配、颜色辨认的初选评价员。进一步用玉米香精(100 μL/L)、谷物香精(100 μL/L)、玉米样品(BW3、BW4、YW3、YW4、SW3、SW4)、白砂糖溶液(1、10、20、30、40 g/L)等多种常用实物及化学参比样对评价员进行培训, 考核评价员的一致性和重复性, 最终形成由 10 位评价员组成的评价小组。

(2)评价小组培训

描述词及参比样确定后, 用所确定的参比样分别针对每种属性对评价员进行逐一培训, 通过 Panel Check

1.4.2 评估小组的一致性、重复性、再现性。

1.3.3 感官描述词建立

(1)描述词收集及初步整理

将准备好的样品依次提供给评价员, 同时提供现有文献对鲜食玉米和相关产品(如玉米罐头、速冻玉米粒等)的感官描述词作为参考^[14,18-21]。要求评价员分别从外观、风味、质地/口感、余味 4 个方面对样品进行评价, 产生尽可能多的词语。每个样品评价完需采取嗅闻手臂、衣袖, 食用苏打饼干, 喝纯净水等方法消除香气和味道干扰, 缓解感官疲劳。收集到描述词后组织小组讨论, 删除快感词语(如良好的、香气愉悦等)、定量词语(如多少、强弱、大小)、无关词语(如描述口感时出现的“微苦、香甜”)等形成备选描述词表。

(2)描述词首次删减

首先开展小组讨论, 使评价员充分理解描述词表中每一描述词的含义, 然后要求评价员用 5 点标度(0=没感觉, 1=弱, 2=稍弱, 3=中等, 4=稍强, 5=强)对各描述词进行赋值, 用于表示感觉到的强度。依据 M 值($M = \sqrt{F \times I}$, F 为描述词出现的频率, I 为相对强度)进行首次删减, 得到初选描述词。

(3)描述词二次删减

通过主成分分析(principal component analysis, PCA)、相关分析删减同义词、反义词以及不能反映样品差异的描述词。

(4)描述词建立

经过多轮删减后确定的描述词,参考《食品感官分析词典》^[22],由小组讨论完成每个描述词释义及参比样确定。

1.3.4 定量描述分析

评价小组经由参比样训练完成能力评估后,对 8 个不同品种鲜食玉米采用 10 cm 线性标度分 2 轮进行评价。样品采用三位数随机编码,按随机顺序排列依次提供给评价员。每个样品重复评价 3 次。

1.3.5 理化成分检测方法

可溶性糖按照 GB 5009.8—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》中第二法进行测定;蛋白质按照 GB 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》中第三法进行测定;淀粉按照 GB 5009.9—2016《食品安全国家标准 食品中淀粉的测定》中第一法进行测定;水分按照 GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》中第一法进行测定;脂肪按照 GB 5009.6—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》中第二法进行测定。

1.4 数据分析

采用 SPSS 19.0 进行统计分析,使用 Panel Check

1.4.2 评估评价小组成员的表现,使用 Origin 2021 进行图形绘制。

2 结果与分析

2.1 感官描述词建立

2.1.1 描述词产生

通过培训考核的评价员对市售 12 个样品经过 3 轮品

评,共收集到 95 个描述词。之后组织小组讨论按 1.3.3 方法对这些描述词进行初步整理删减,最后得到 34 个感官描述词,其中包括 3 个外观描述词、18 个风味描述词、10 个质地/口感描述词、3 个余味描述词。

2.1.2 描述词删减

对整理后的 34 个描述词按 1.3.3 方法对 12 个样品进行评价并计算 M 值,M 值结果见表 2。通常认为 M 值<0.25 说明此感官属性出现的频率以及认可度都很低^[23],因此删除 M 值小于 0.25 的描述词得到 16 个初选描述词。

进一步对 16 个初选描述词,通过 PCA 筛选出能最大程度描述鲜食玉米感官特征的描述词。KMO 和 Bartlett's 球形检验结果(KMO=0.929>0.9, Bartlett's 球形检验显著性 $P<0.001$)表明原始变量之间相关性较高,适合做 PCA^[24]。各主成分特征值及方差贡献结果见表 3,前 4 个主成分方差累积贡献率达 79.948%,可解释样品大部分感官特性信息^[24],能较全面地解释原变量中大部分信息,因而选择前 4 个主成分来分析样品的感官特征。

计算前 4 个主成分对各描述词的载荷因子,如表 4 所示。第一主成分(PC1)的方差贡献率为 59.709%,所代表的感官属性是黏、紧实、富有光泽、咀嚼性强、饱满的,其载荷系数分别为 0.944、0.820、0.784、0.784、0.780;第二主成分(PC2)的方差解释率是 9.354%,代表的感官属性分别为多汁的、谷物香、玉米香,载荷系数分别为 0.662、0.528、0.523;第三主成分(PC3)的方差解释率为 6.276%,代表的感官属性有甜味、咀嚼性强,载荷系数为 0.548、0.432;第四主成分(PC4)的方差解释率为 4.609%,代表的感官属性为渣粒(载荷系数为 0.476)。由上可知,除皮厚、

表 2 鲜食玉米感官描述词的 M 值
Table 2 M-values of sensory attributes of the fresh corn

序号	指标	描述词	M 值	序号	指标	描述词	M 值
1	风味	谷物香	0.774	19	外观	富有光泽	0.764
2		玉米香	0.764	20		饱满的	0.751
4		清香	0.665	21		颜色暗	0.084
5		甜味	0.370	22		柔嫩	0.847
6		香甜	0.357	23		渣粒	0.719
7		淀粉味	0.145	24		咀嚼性强	0.638
8		蒸煮味	0.123	25	质地/口感	紧实	0.631
9		塑料味	0.048	26		皮厚	0.623
10		焙烤香	0.045	27		黏	0.506
11		青贮味	0.041	28		脆	0.366
12		生青味	0.037	29		多汁的	0.331
13		奶香味	0.037	30		软糯	0.166
14		水果香	0.030	31		老	0.104
15		苦	0.026	32	余味	甘甜	0.689
16		焦糊味	0.022	33		奶香	0.034
17		青草味	0.019	34		涩	0.015
18		涩	0.011				

香甜、清香、脆、甘甜、柔嫩等 6 个感官属性外, 其他属性的载荷值均高于 0.4。载荷值高于 0.4 表明属性与主成分之间有着强的关联性, 因而载荷值高于 0.4 的感官属性与样品感官特征相关性大^[25]。经评价小组讨论, 删除皮厚、香甜、清香、脆、甘甜、柔嫩等载荷值相对较小的感官属性, 得到 10 个与鲜食玉米感官品质相关性高的描述词。

表 3 各主成分特征值及方差贡献			
Table 3 Eigenvalues and variance contributions of principal factors			
成份	特征值	方差解释率/%	累积方差解释率/%
1	9.553	59.709	59.709
2	1.497	9.354	69.063
3	1.004	6.276	75.339
4	0.737	4.609	79.948
5	0.577	3.604	83.551
6	0.522	3.264	86.816
7	0.453	2.832	89.647
8	0.415	2.595	92.242
9	0.349	2.182	94.424
10	0.240	1.502	95.926
11	0.176	1.099	97.025
12	0.155	0.969	97.994
13	0.121	0.757	98.751
14	0.099	0.621	99.373
15	0.068	0.424	99.797
16	0.033	0.203	100.000

经 PCA 初步筛选之后, 得到黏、紧实、富有光泽等 10 个感官描述词。从整体数量来看, 作为鲜食玉米感官描述词仍然比较多, 不适合直接用于评价其感官特性, 所以进一步通过特征相关性分析进行再次筛选, 结果见表 5。由表 4 与表 5 可知, 第 1 主成分中载荷系数相对较大的感官属性是黏、紧实、富有光泽、咀嚼性强、饱满的, 黏的载荷系数最大为 0.944, 其与紧实、富有光泽、咀嚼性强、饱满的相关系数 r 为 0.801、0.701、0.778、0.684, 表明黏

表 4 感官评价描述词载荷因子				
Table 4 Factor loading of sensory evaluation descriptors				
感官属性	成份			
	PC1	PC2	PC3	PC4
饱满的	0.780	0.297	-0.330	-0.213
富有光泽	0.784	0.285	-0.289	-0.147
玉米香	0.694	0.523	0.016	0.130
香甜	-0.394	0.305	0.058	-0.042
清香	0.150	0.137	0.230	-0.054
甘甜	-0.166	0.227	0.158	-0.175
咀嚼性强	0.784	0.020	0.432	0.102
柔嫩	0.145	0.369	0.087	-0.447
脆	-0.969	0.025	0.064	-0.107
黏	0.944	0.069	0.082	0.083
皮厚	0.120	0.042	-0.140	0.248
多汁的	-0.426	0.662	0.154	0.211
甜味	0.624	0.066	0.548	-0.207
谷物香	0.701	0.528	-0.149	0.100
紧实	0.820	-0.058	0.395	0.067
渣粒	-0.679	0.149	0.056	0.476

与这 4 个感官属性显著正相关。其中黏、紧实及咀嚼性强均属于质地/口感相关描述词, 且紧实与咀嚼性强间的相关系数为 0.817, 经评价小组讨论由咀嚼性强代替紧实。富有光泽和饱满的属于外观描述词, 虽然两者之间存在显著正相关(相关系数为 0.849), 但两者分别从籽粒颜色和形态两方面对样品外观特征进行描述, 故两者之间无可替代性。因此选择黏、咀嚼性强、富有光泽、饱满的等 4 个属性代表第 1 主成分描述鲜食玉米外观和质地/口感品质。第 2 主成分中多汁的、谷物香、玉米香的载荷系数相对较大, 多汁的(0.662)载荷系数最大, 与谷物香、玉米香相关系数 r 为-0.048 和-0.053, 说明多汁的与谷物香和玉米香相关性较弱, 无可替代性。谷物香和玉米香间呈现显著正相关, 相关系数为 0.766, 且两者均为香气特征描述词, 则可用玉

表 5 鲜食玉米感官描述词相关性分析										
Table 5 Correlation of sensory evaluation descriptors of the fresh corn										
感官属性	黏	紧实	富有光泽	咀嚼性强	饱满的	谷物香	玉米香	甜味	多汁的	渣粒
黏	1.000									
紧实	0.801	1.000								
富有光泽	0.701	0.563	1.000							
咀嚼性强	0.778	0.817	0.483	1.000						
饱满的	0.684	0.531	0.849	0.447	1.000					
谷物香	0.687	0.461	0.626	0.523	0.685	1.000				
玉米香	0.709	0.522	0.613	0.564	0.595	0.766	1.000			
甜味	0.598	0.640	0.424	0.578	0.419	0.366	0.422	1.000		
多汁的	-0.343	-0.327	-0.204	-0.270	-0.235	-0.048	-0.053	-0.206	1.000	
渣粒	-0.647	-0.577	-0.484	-0.549	-0.531	-0.434	-0.438	-0.478	0.258	1.000

米香代替谷物香。第 2 主成分代表的属性为多汁的、玉米香用于描述质地/口感和风味品质。第 3 和第 4 主成分中载荷系数最大的感官属性分别为甜味和渣粒,两者之间的相关系数为-0.478,呈现较弱的负相关特征,且两者分别表征风味和质地/口感特征,因而无可替代性。综上,最终选择 8 个感官描述词(分别为黏、咀嚼性强、富有光泽、饱满的、玉米香、多汁的、甜味、渣粒)代表鲜食玉米的品质特征。

2.1.3 描述词建立

经过多轮筛选和评价小组讨论,最终确定包括黏、咀嚼性强、富有光泽、饱满的、玉米香、多汁的、甜味、渣粒在内的 8 个感官描述词,分别从外观、风味、质地/口感 3 个维度评价鲜食玉米感官品质,与他人评价维度一致^[12-13,26],且在其基础上对部分感官特征进一步讨论与表达校准。以上评价词经由评价小组通过 8 轮评价将其修改为更易接受的表述方式并进行释义,同时完成参比样及评价方式的确定,结果见表 6。

2.2 不同品种鲜食玉米感官品质特征

根据建立的感官描述词,评价员采用 10 cm 标度对不同样品进行定量描述性分析。采用 Tucker-1 对评价小组一致性进行评价(图 1),每张小图表示一种属性,每个点代表一个评价员,图中点越靠近外部椭圆则表示评价员对该属性的区分能力越好,点与点之间距离越近表示评价员对该

属性的一致性越高^[27]。由图 1 可知,评价小组在 8 个属性上的一致性都很好,说明所获得的评价结果客观准确。

对评价结果绘制蛛网图,见图 2。不同品种鲜食玉米各感官属性均存在明显差异,3 个品类玉米评分差距较大的属性有汁水度、甜味、黏性,而饱满度和咀嚼性差异较小。甜玉米的汁水度和甜味明显高于甜加糯玉米和糯玉米;糯玉米及甜加糯玉米的外观品质(饱满度及光泽度)、咀嚼性及黏性明显优于甜玉米,饱满度及光泽度相对较差可能是由于蒸煮过程中甜玉米存在过多水分流失造成的;渣粒感及玉米香在 3 个品类玉米中无明显差异。此外,对于甜玉米,奥弗兰(OFL)和脆王(CW)在玉米香、甜味、汁水度上均有显著差异;对于甜糯玉米,农科 336(NK)和黑珍珠(HZZ)在除饱满度外其他 7 个感官属性上均存在显著差异;对于糯玉米,4 个不同品种样品在 8 个属性上均存在显著差异。评价员经过培训后,使用建立描述词及评价方法可准确地对相关样品感官品质进行描述,此外也可以对不同品类样品进行有效区分,同时比较出强度差异。

2.3 相关性分析

相关性分析是用于分析数据集中变量间重要相关关系的一种数据分析挖掘方法^[28]。采用相关距离法分析鲜食玉米感官特征和理化成分之间的相关性,相关程度可以用相关系数来描述,相关系数绝对值越趋近于 1 表明两者之

表 6 鲜食玉米感官描述词汇表
Table 6 Definition and references of fresh corn sensory profiles listed in the lexicon

类别	描述词	定义	参比样	评价方式
外观	饱满度(BO)	产品形态结构上的丰满程度。反之为瘪,即外观干枯收缩、不丰满	闲居人黄糯玉米(YW1)=8; 闲居人水果玉米(SW1)=2	在标准光源下目视观察
	光泽度(GL)	样品肉眼可观察到和表面光泽程度	黑珍珠鲜玉米(BW4)=8; 闲居人水果玉米(SW1)=2	
风味	玉米香(CF)	新鲜的蒸玉米所具有的清新的、带有甜香的玉米香气	100 μL/L 玉米味香精=5	嗅闻 3 次以上,样品间控制休息间隔 2 min 以上;若样品直接嗅闻不容易捕捉香气,可取下一粒玉米粒用手挤压破裂后进行香气嗅闻
	甜味(SW)	由如蔗糖或阿斯巴甜等天然或人造物质的稀水溶液产生的一种基本味感	10 g/L 白砂糖溶液=5	咬取适量样品放置口腔咀嚼 5 次以上,样品间控制休息时间 5 min 以上,可反复品尝
	多汁性(JU)	咀嚼玉米后,感受口腔内所产生的汁水量	黑珍珠鲜玉米(BW4)=2; 甜玉米穗(SW2)=8	
口感/质地	黏性(ST)	像糍糊、胶水等所具有的,能使一个物体附着在另一个物体上的性质	徐福记棉花糖=5	将样品放在白齿间压迫它并评价在样品断裂前的变形量和牙齿再次移动、分离所需力量
	咀嚼性(CH)	咀嚼产品至可被吞咽所需时间或咀嚼次数有关的机械质地属性	嫩豌豆=3	咬取适量样品于口腔中,感受咀嚼至可吞咽需要的咀嚼时间及咀嚼次数。
	渣粒感(SL)	咀嚼产品至可被吞咽是口腔中籽粒皮所产生的渣感	黑珍珠鲜玉米(BW4)=3	咬取适量样品于口腔中,感受咀嚼至可吞咽时口腔中的渣粒感

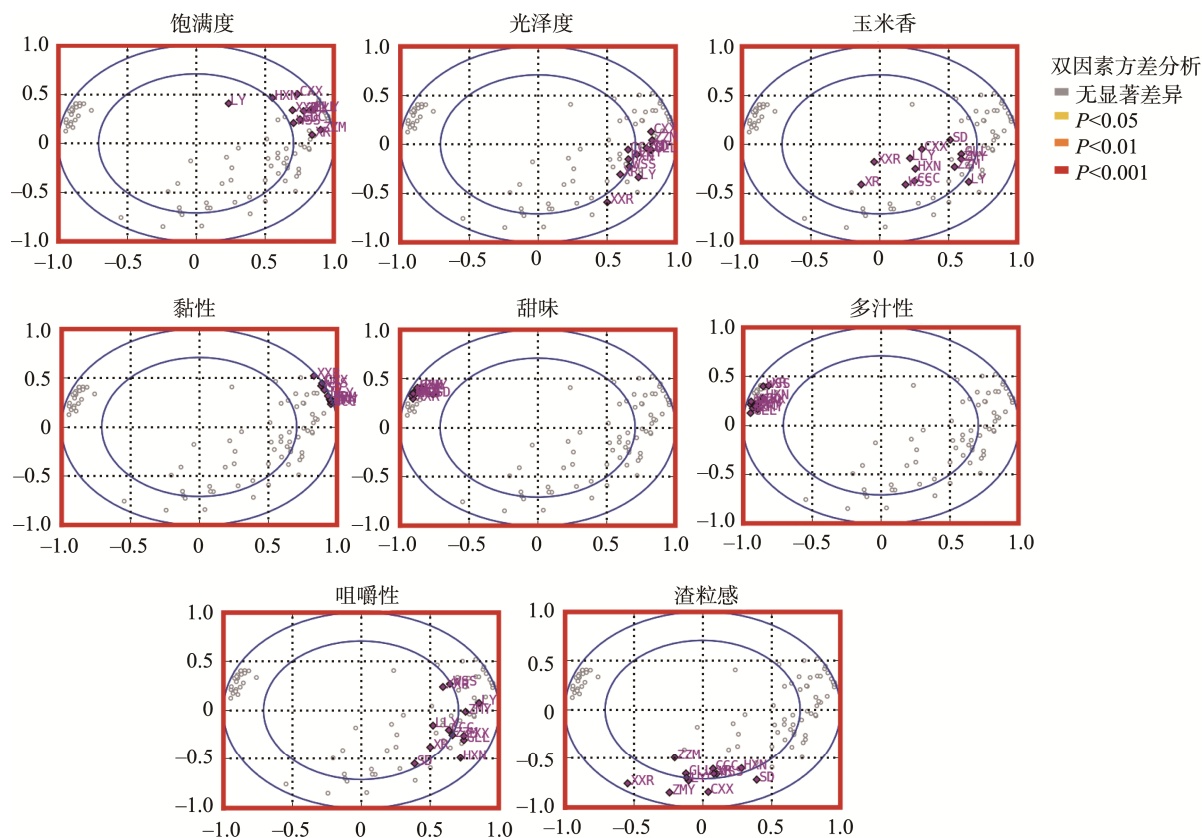
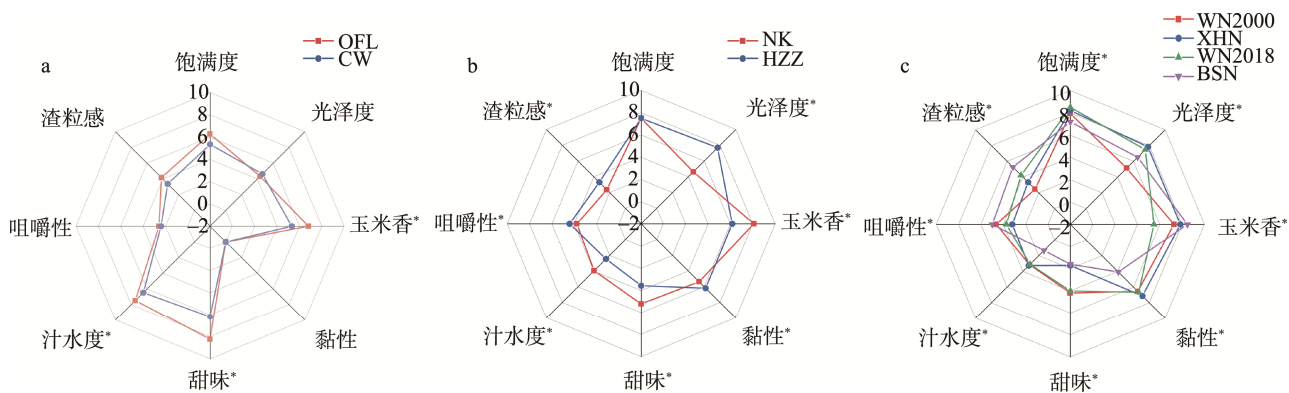


图1 评价小组一致性Tucker-1图

Fig.1 Tucker-1 diagrams for evaluating group consistency



注: a为甜玉米, b为甜糯玉米, c为糯玉米; *表示相应特征指标在样品之间存在显著差异($P<0.05$)。

图2 鲜食玉米感官特征蛛网图

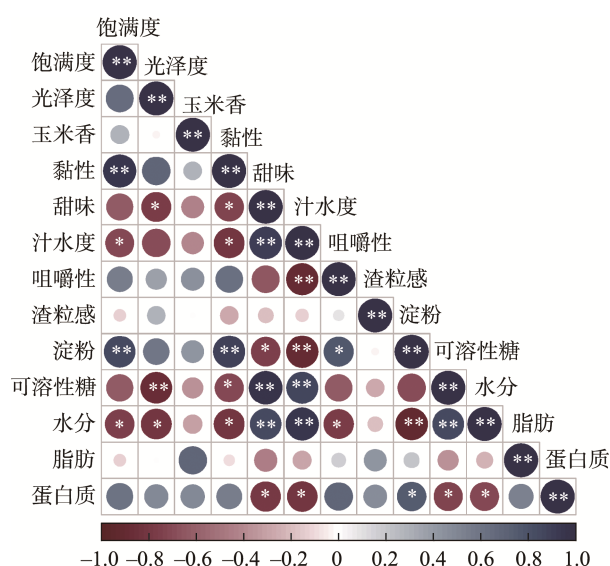
Fig.2 Spider plots of the fresh corn

间的相关性越好^[29]。8 个品种鲜食玉米感官特征和理化成分间相关性分析结果见图 3。结果表明淀粉含量、可溶性糖含量、水分、蛋白质含量均与部分感官属性存在相关性,脂肪含量与 8 个感官属性均无相关性。

糖类物质主要由淀粉和可溶性糖来表征,由相关性分析结果可以看出淀粉含量与饱满度、黏性、咀嚼性呈显著正相关,与甜味、汁水度呈显著负相关,而可溶性糖含量与甜味、汁水度呈显著正相关,与光泽度、黏性呈显著

负相关,这与甜玉米和糯玉米特性及目前的育种方向一致。糯玉米是受玉米第9对染色短臂上靠近着丝点处的纯合隐性糯质基因 *WxWx* 控制的玉米突变类型,表现为籽粒胚胎中淀粉含量高且全部为支链淀粉^[30],因为支链淀粉含量高所以其饱满度和咀嚼性更强,同时黏度也会更高。基于本研究结果可以看出,通过提高淀粉含量,尤其是支链淀粉含量提升黏度的同时也可增加其饱满度及咀嚼性,使玉米呈现更优异的外观特征及更丰富的口感。甜玉米由于

携有显著提高籽粒含糖量的有关隐性突变基因(普甜玉米 *su1* 或 *su2*、加强甜玉米 *su1* 和 *se*、超甜玉米 *sh2* 或 *bt2*)，可阻断部分还原糖向淀粉转化，因而其籽粒在乳熟期含糖量高尤其是可溶性糖含量显著高于其他玉米^[31]，进而表现为高甜度的感官特征。相关性分析结果显示，在提高可溶性糖含量的情况下不仅可以增加玉米甜度同时还可增加汁水度，使甜玉米口感更好。



注: **表示在0.01水平(双侧)上显著相关; *表示在0.05水平(双侧)上显著相关。

图3 鲜食玉米感官特征与主要营养成分相关性分析

Fig.3 Correlation analysis between sensory evaluation and main nutrients of fresh corn

与糖类物质相比，脂肪和蛋白质含量对玉米感官特征的影响较小，脂肪与感官特征均无相关性，而蛋白质含量仅与甜味及汁水度呈显著负相关。此外水分含量对感官特征也有一定影响，表现为与汁水度、甜味显著正相关，与饱满度、光泽度、黏性、咀嚼性呈负相关。与孙海涛^[10]的研究结果基本一致，孙海涛发现水分及蛋白质含量与咀嚼性、硬度、柔嫩性等呈显著负相关。此外水分含量与饱满度呈显著负相关，这与程杰山等^[32]关于水果水分含量与硬度、皱度及纤维度负相关的研究结果一致。综上可见鲜食玉米主要营养成分与外观特征(饱满度、光泽度)、风味特征(甜味)质地特征(黏性、汁水度、咀嚼性)存在相关性，而与玉米香及渣粒感无相关性。

3 结论

由 10 名评价员组成的评价小组对 12 个市售鲜食玉米进行感官评价，结合 *M* 值及多元统计分析方法建立鲜食玉米专属感官描述词，经过进行多轮删减，最终得到 8 个感官描述词(分别为黏性、咀嚼性、光泽度、饱满度、玉米香、

汁水度、甜味、渣粒感)用于表示鲜食玉米的品质特征，同时确定参比样及评价方式。进而使用所建立的感官评价方法对 8 个不同品种鲜食玉米感官品质进行分析，并对感官指标和主要营养组分进行相关性分析来检验方法的实用性及准确性。结果表明不同样品间的感官特征可以得到明显区分，且外观特征(饱满度、光泽度)、风味特征(甜味)质地特征(黏性、汁水度、咀嚼性)均与主要营养组分存在相关性，说明所建立的描述词在进行产品分析时实用性较好，可为鲜食玉米感官评价体系构建、品质评价及品种选育提供参考。

参考文献

- [1] 戴惠学. 甜玉米的营养价值及综合利用[J]. 上海蔬菜, 2010, (11): 113–115.
DAI HX. Nutritional value and comprehensive utilization of sweet corn [J]. Shanghai Veget, 2010, (11): 113–115.
- [2] 任艳, 郑常祥, 徐建霞, 等. 糯玉米的营养价值及综合利用[J]. 农技服务, 2019, 36(9): 55–57.
REN Y, ZHENG CX, XU JX, et al. Nutritional value and comprehensive utilization of waxy corn [J]. Agric Technol Serv, 2019, 36(9): 55–57.
- [3] 郭丽华, 尉京红, 马蕴菲, 等. 河北省鲜食玉米产业发展形势及高质量发展建议[J]. 中国蔬菜, 2022, (3): 9–13.
GUO LH, WEI JH, MA YF, et al. Development situation of fresh corn industry in Hebei Province and suggestions for high-quality development [J]. China Veget, 2022, (3): 9–13.
- [4] 俞斌, 许亚俊, 苘娜娜, 等. 杭州市鲜食玉米产业现状及发展对策[J]. 中国种业, 2022, (5): 52–54.
YU B, XU YJ, QING NN, et al. The current situation of fresh corn industry and development countermeasures in Hangzhou [J]. China Seed Ind, 2022, (5): 52–54.
- [5] CONTI-SILVA AC, SOUZA-BORGES PD. Sensory characteristics, brand and probiotic claim on the overall liking of commercial probiotic fermented milks: Which one is more relevant? [J]. Food Res Int, 2019, (116): 184–189.
- [6] HOQUE MZ, XIE J, NAZNEEN S. Effect of labelled information and sensory attributes on consumers' intention to purchase milk [J]. South Asian J Bus Stud, 2018, 7(3): 265–286.
- [7] 常玉梅. 描述性检验与消费者接受度感官分析方法研究-以豆腐干为例[D]. 无锡: 江南大学, 2013.
CHANG YM. Research on sensory analysis methods of descriptive test and consumer acceptability-by testing of dried bean curds [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2013.
- [8] 赵镭, 刘文. 感官分析技术应用指南[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2011.
ZHAO L, LIU W. Application guide of sensory evaluation techniques [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2011.
- [9] 宋俏娟, 孔亮亮, 刘俊峰, 等. 甜加糯玉米新品种锦甜糯 198 的选育[J]. 中国种业, 2022, 329(8): 128–130.
SONG QH, KONG LL, LIU JF, et al. Selection and breeding of a new sweet plus glutinous corn variety jin sweet glutinous 198 [J]. China Seed Ind, 2022, 329(8): 128–130.
- [10] 孙海涛. 即食玉米物性学评价体系的研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2011.
SUN HT. Study on rheological properties evaluation system of instant corn [D]. Changchun: Jilin Agricultural University, 2011.

- [11] 魏常敏, 宋万友, 周文伟, 等. 鲜食糯玉米蒸煮品质综合评分和品质性状相关分析[J]. 湖南农业科学, 2020, (9): 79–81.
WEI CM, SONG WY, ZHOU WW, *et al.* Correlation analysis between cooking comprehensive score and quality traits of fresh waxy corn [J]. Hunan Agric Sci, 2020, (9): 79–81.
- [12] 吴建平, 牛丽影, 李大婧, 等. 鲜食糯玉米挥发性成分与感官属性相关性分析[J]. 食品科学, 2016, 37(16): 94–99.
WU JP, NIU LY, LI DJ, *et al.* Correlation analysis of volatile components and sensory properties in fresh waxy corn [J]. Food Sci, 2016, 37(16): 94–99.
- [13] 谢铁娜, 周约, 张海毓. 鲜食玉米品种筛选及感官品质比较[J]. 农业科学研究, 2017, 38(4): 90–93.
XIE TN, ZHOU Y, ZHANG HY. Fresh corn varieties selection and sensory quality comparison [J]. J Agric Sci, 2017, 38(4): 90–93.
- [14] 郑小亚, 杨引福, 韩欣磊, 等. 对国家鲜食糯玉米品种种性品质综合评价分析[J]. 农业科技通讯, 2010, (2): 33–37.
ZHENG XY, YANG YF, HAN XL, *et al.* Analysis of synthesis judgment to the quality varieties of species on the national fresh waxy corn [J]. Bull Agric Sci Technol, 2010, (2): 33–37.
- [15] 黄婷, 闫亚美, 刘俭, 等. 枸杞鲜果感官品质与理化特性相关性研究[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(19): 19–27.
HUANG T, YAN YM, LIU J, *et al.* Physical and chemical qualities and sensory evaluation of fresh fruits of *Lycium barbarum* L. [J]. Food Res Dev, 2021, 42(19): 19–27.
- [16] 吴巧玉, 何天久, 邓仁菊. 不同紫色甘薯品质特性和食味比较[J]. 陕西农业科学, 2021, 67(9): 1–4.
WU QY, HE TJ, DENG RJ. Comparison of quality characteristics and taste of different purple sweet potatoes [J]. Shaanxi J Agric Sci, 2021, 67(9): 1–4.
- [17] 赵思颖, 李璐, 刘小茜, 等. 基于感官品质、质构特征及理化成分分析的中国南瓜果实感官综合评价预测模型[J]. 食品科学, 2022, 43(23): 63–71.
ZHAO SY, LI L, LIU XQ, *et al.* The prediction model of comprehensive sensory evaluation for pumpkin (*Cucurbita moschata*) fruit based on sensory analysis, texture characteristics and physicochemical components [J]. Food Sci, 2022, 43(23): 63–71.
- [18] DELIZA R, SGARBIERI VC, ROSENTHAL A. Formulation, nutritive value and sensory evaluation of a new weaning food based on sweet corn (*Nutrimaiz*) dehydrated pulp [J]. J Nutr Sci Vitaminol, 1990, 36(6): 587–597.
- [19] FERHAT Y, BÜŞRA Y, CEMALETTIN B. Some physicochemical, color, bioactive and sensory properties of a pestil enriched with wheat, corn and potato flours: An optimization study based on simplex lattice mixture design [J]. Int J Gastron Food S, 2022, 28: 1–8.
- [20] WAZED MA, ISLAM MR. Influence of barley, corn and rice flour on physical, chemical and sensory characteristics of gluten-free bread [J]. Malays J Halal Res, 2021, 4(2): 36–41.
- [21] 崔莉, 李大婧, 高小女, 等. 基于模糊数学感官评价和混料设计的低度甜糯玉米酒原料配方优化[J]. 核农学报, 2015, 29(1): 106–112.
CUI L, LI DJ, GAO XN, *et al.* Mixture design of maize wine raw material recipe based on fuzzy mathematic sensory evaluation [J]. J Nucl Agric Sci, 2015, 29(1): 106–112.
- [22] 刘文, 赵镭, 邓少平. 食品感官分析词典[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2015.
LIU W, ZHAO L, DENG SP. Food sensory evaluation dictionary [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2015.
- [23] 赵云鹏, 熊建林, 王洪伟. 酸奶感官描述词的建立与应用[J]. 中国乳品工业, 2018, 46(5): 31–35, 42.
ZHAO YP, XIONG JL, WANG HW. Development and application of a lexicon to describe the sensory attributes of yogurt [J]. China Dairy Ind, 2018, 46(5): 31–35, 42.
- [24] JOHAN T, ELAINE H, TORBJORN L, *et al.* Chemometrics in metabonomics [J]. J Phys Chem Lett, 2007, 6(2): 469–479.
- [25] 岳营峰, 史波林, 赵镭, 等. 辣条感官描述词的建立及感官特征比较[J]. 食品安全质量检测学报, 2022, 13(9): 2728–2735.
YUE YF, SHI BL, ZHAO L, *et al.* Establishment of sensory descriptive vocabulary of spicy strip and the comparison of sensory characteristics [J]. J Food Saf Qual, 2022, 13(9): 2728–2735.
- [26] 罗靛赞. 基于组学数据解析玉米群体变异和复杂数量性状遗传结构[D]. 武汉: 华中农业大学, 2020.
LUO JY. Maize population variation mining and genetic dissection of complex quantitative traits based on omics data [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2020.
- [27] LANZA B, AMORUSO F. Panel performance, discrimination power of descriptors, and sensory characterization of table olive samples [J]. J Sens Stud, 2020, 35(1): 1–15.
- [28] FAN M, WANG W, WANG R. Coupled feature mapping and correlation mining for cross-media retrieval [C]. Proceedings of the 2016 IEEE International Conference on Multimedia & Expo Workshops (ICMEW), 2016.
- [29] ZHANG X, CHENG J, ZHANG Y, *et al.* Image tag recommendation via deep cross-modal correlation mining [C]. Proceedings of the China National Conference on Chinese Computational Linguistics International Symposium on Natural Language Processing Based on Naturally Annotated Big Data, 2016.
- [30] FEDOROFF N, WESSLER S, SHURE M. Isolation of the transposable maize controlling elements Ac and Ds [J]. Cell, 1983, 35(1): 235–242.
- [31] AZANZA F, TADMOR Y, KLEIN BP, *et al.* Quantitative trait loci influencing chemical and sensory characteristics of eating quality in sweet corn [J]. Genome, 1996, 39(1): 40–50.
- [32] 程杰山, 沈火林, 杨学妍, 等. 不同硬度辣椒品系果实组织结构观察与细胞壁物质含量测定[J]. 西北农业学报, 2008, 17(1): 150–156.
CHENG JS, SHEN HL, YANG XY, *et al.* Tissue structure observation and cell wall substrates content determination in different fruit firmness of pepper (*Capsicum annuum* L.) lines [J]. J Northwest Agric, 2008, 17(1): 150–156.

(责任编辑: 于梦娇 郑 丽)

作者简介



李懿霖, 博士, 工程师, 主要研究方向为口腔食品加工学。
E-mail: liyilin@feihe.com



汪厚银, 副研究员, 主要研究方向为感官分析与标准化。
E-mail: wanghy@cni.ac.cn