DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20250916010
引用格式: 马小龙, 张韵, 樊晓琴, 等. 新疆不同产区主栽辣椒品质特性差异分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2026, 17(5): 206–214.
MA XL, ZHANG Y, FAN XQ, *et al*. Analysis of the differences in quality characteristics of main-planted *Capsicum annuum* L in different production areas of Xinjiang [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2026, 17(5): 206–214. (in Chinese with English abstract).

新疆不同产区主栽辣椒品质特性差异分析

马小龙[1], 张　韵[1], 樊晓琴[1], 马孝诚[1], 鲁伟丹[1,2], 丁洁瑜[2], 王旋瑞[1], 耿家怡[1], 吴忠红[1*]

(1. 新疆维吾尔自治区农业科学院农产品加工研究所, 新疆农产品加工与保鲜重点实验室, 乌鲁木齐　830091; 2. 沙湾市九丰农业科技有限公司, 沙湾　832100)

摘　要: 目的　系统探究新疆主栽辣椒的品质特性差异。**方法**　研究选取新疆昌吉、喀什、巴音郭楞等不同主要产区的 41 个代表性辣椒品种(涵盖二荆条、保银 829、螺丝椒等主栽类型)作为实验材料, 采用高效液相色谱法对辣椒样品中维生素 C、总糖及辣椒素类物质(辣椒素、二氢辣椒素等)进行检测并分析。**结果**　新疆辣椒中维生素 C 含量的范围为 5.89~33.90 mg/100 g, 其中喀什产区的二荆条品种含量最高为 33.90 mg/100 g; 总糖含量的范围为 4.80~29.20 g/100 g, 其中吉木萨尔产区的螺丝椒品种含量最高为 29.20 g/100 g; 辣椒素类物质含量的范围为 0.49~6.22 g/kg, 喀什产区的保银 829 不仅辣椒素类物质含量达 6.22 g/kg, 其换算后的辣度值最高, 成为 41 个品种中辣度最强的类型。**结论**　喀什地区二荆条的维生素 C 含量最高, 喀什地区保银 829 的辣度最大, 吉木萨尔地区螺丝椒的总糖含量最高。实验研究为新疆辣椒品种的品质分级及深加工利用提供了有益的理论支撑。

关键词: 辣椒; 维生素 C; 总糖; 辣椒素类物质; 辣度; 品质

Analysis of the differences in quality characteristics of main-planted *Capsicum annuum* L in different production areas of Xinjiang

MA Xiao-Long[1], ZHANG Yun[1], FAN Xiao-Qin[1], MA Xiao-Cheng[1], LU Wei-Dan[1,2], DING Jie-Yu[2], WANG Xuan-Rui[1], GENG Jia-Yi[1], WU Zhong-Hong[1*]

(1. *Institute of Agricultural Products Processing*, *Xinjiang Uygur Autonomous Region Academy of Agricultural Sciences*, *Xinjiang Key Laboratory of Agro-products Fresh-keeping & Processing*, *Urumqi* 830091, *China*; 2. *Shawan Jiufeng Agricultural Science and Technology Co*., *Ltd.*, *Shawan* 832100, *China*)

ABSTRACT: Objective　To systematically investigate the differences in quality characteristics of main-planted *Capsicum annuum* L in Xinjiang. **Methods**　The 41 representative *Capsicum annuum* L varieties (including major cultivated types such as Erjingtiao, Baoyin 829 and screw chili) from key production areas including Changji,

收稿日期: 2025-09-16
基金项目: 新疆自治区乡村振兴项目(2024NC012)
第一作者: 马小龙(1994—), 男, 助理工程师, 主要研究方向为蔬菜育种栽培。E-mail: 1136852414@qq.com
***通信作者:** 吴忠红(1979—), 女, 博士, 研究员, 主要研究方向为农产品保鲜加工。E-mail: 287697389@qq.com

Kashgar and Bayingolin in Xinjiang were selected as experimental materials. High performance liquid chromatography was employed to detect and analyze vitamin C, total sugars and capsaicinoids (capsaicin, dihydrocapsaicin, *etc*.) in the *Capsicum annuum* L samples. **Results** Vitamin C content in Xinjiang *Capsicum annuum* L ranged from 5.89 to 33.90 mg/100 g, with the Erjingtiao variety from the Kashgar region exhibiting the highest content at 33.90 mg/100 g. Total sugar content ranged from 4.80 to 29.20 g/100 g, with the highest value of 29.20 g/100 g found in the screw chili variety from the Jimsar region. Capsaicinoid content ranged from 0.49 to 6.22 g/kg. The Baoyin 829 variety from the Kashgar region not only reached 6.22 g/kg in capsaicinoids but also yielded the highest converted pungency value, making it the most pungent type among the 41 varieties. **Conclusion** The Erjingtiao from Kashgar prefecture has the highest vitamin C content, the Baoyin 829 from Kashgar prefecture has the highest pungency, and the screw chili from Jimsar prefecture has the highest total sugar content. This experimental research provides valuable theoretical support for quality grading and deep processing applications of Xinjiang *Capsicum annuum* L varieties.

KEY WORDS: *Capsicum annuum* L; vitamin C; total sugar; capsaicinoids; pungency; quality

0　引　言

辣椒是一年生或多年生的茄科植物, 别名番椒、海椒、秦椒、辣茄[1], 属茄科, 含甜椒、卡宴辣椒、哈瓦那辣椒等多个品种[2−3], 广泛用于食品工业, 可增添风味、香气与色泽, 也具有丰富的生物功能成分[4]。辣椒约在明朝时传入我国, 因其适应性强, 种植区域广泛, 我国产量已居世界第一[5−6]。辣椒作为中国特色农产品, 以其独特的口感和辣味在国内外市场倍受欢迎。随着辣椒种植面积的逐步增大, 消费者对辣椒的精深加工产品及副产品的生产和加工越来越重视[7]。其不仅可以用于食品调味和烹饪, 而且还可以用作香料和药材。辣椒作为食药同源的食物, 其果实和根茎皆可入药, 有健胃[8]、消食[9]、活血[10]、消肿[11]、减肥[12]的功效。辣椒中维生素 C, 可维持牙齿、骨骼、血管、肌肉的正常功能; 增强身体的抵抗能力, 加速伤口痊愈[13]。因此辣椒不仅是一种受人们欢迎的经常食用的蔬菜, 并且对某些疾病也有很好的疗效[14]。辣椒素作为辣椒属植物特有的一种生物碱, 是其果实品质重要的组成部分, 在食品、医药、军事、化工等领域具有广泛用途[15]。检测辣椒的维生素 C、辣椒素、糖等含量是评价辣椒质量、辣度和辣椒制品品质的关键因素[16−17]。辣椒素和二氢辣椒素的含量约占辣椒素类物质总量的 90%, 是影响辣度的最主要成分[18], 辣椒素含量越高辣度就越大。

新疆夏季气候温暖干燥, 非常适合辣椒的种植和晾晒, 生产出来的辣椒品质优异, 味香可口。目前新疆的辣椒生产业占据了新疆“红色产业”的三分之一[19]。近年来, 随着新疆农业种植结构的调整, 辣椒产业作为新疆的重要扶贫产业得到了快速发展, 辣椒已经成为当前新疆各地区调整农业结构的首选经济作物之一, 也是当地农民增产增收的重要来源之一[20]。因此, 检测新疆辣椒的品质对其品质分析、优良品种的培育及促进产业发展具有重要的意义。

诸多研究表明, 不同辣椒品种和品种间的遗传特性是影响辣椒品质的关键因素, 品种类型对辣椒产品的色泽、风味和营养指标间差异的影响较大[21−22], 因此, 开展不同辣椒的品质分析, 对提高加工产品品质至关重要[23]。由于辣椒中的总糖、维生素 C、辣椒素和辣度直接影响着辣椒的品质, 故测定不同辣椒中的含量显得尤为重要。但是, 有关新疆不同地区辣椒的维生素 C、总糖、辣椒素等辣椒品质检测的研究较少, 因此本研究以新疆不同地区的 41 种干辣椒和干辣椒粉为研究对象, 通过对辣椒中的总糖(果糖、葡萄糖、麦芽糖、蔗糖)、维生素 C、辣椒素、二氢辣椒素和辣度进行测定, 对干辣椒和辣椒粉的综合品质进行分析, 为新疆辣椒的品质分析与挑选优良辣椒品种加工提供理论基础。

1　材料与方法

1.1　材料与试剂

1.1.1　样品信息

本研究所用 41 种辣椒样品来源于新疆乌鲁木齐市安宁渠实验站(国家现代农业综合实验站)、昌吉回族自治州吉木萨尔县、喀什地区疏附县、巴音郭楞蒙古自治州和静县、阿克苏地区阿拉尔市农一师等辣椒主产区, 供试辣椒品种均为一年生品种。结合新疆南北疆气候差异特点, 样品于秋季 9 月 20 日至 30 日期间采收, 此时辣椒已呈挂树全红的完熟状态。采样时, 每个品种在各产区种植地块内采用五点取样法(选取地块中心及四角各采集 1 kg 样品后充分混合), 各采集 5 kg 样品, 且每个处理均设置 3 次重复, 所采样品均用于后续各项指标测定。分别对 41 种辣椒维生素 C 含量和糖含量进行检测, 对其中 20 种属于辣用品种的辣椒进行辣度测定。用干辣椒原样测定维生素 C 的含量, 用干辣椒粉样测定糖含量以及辣椒素类物质。表 1 为样品

表 1 样品名称与编号
Table 1 Sample name and number

产地	辣椒名称	辣椒编号
安宁渠地区	LC-9	LJ-23
	LC-125	LJ-24
	LC-171	LJ-25
	LC-155	LJ-26
	LC-173	LJ-27
	LC-178	LJ-28
	LC-179	LJ-29
	LC-183	LJ-30
	园椒 2303 号	LJ-31
	园椒 2326 号	LJ-1
	园椒 2330 号	LJ-32
	园椒 2331 号	LJ-33
	园椒 2335 号	LJ-34
	LP-46	LJ-35
	LP-37(五家渠)	LJ-36
	红龙 23 号	LJ-37
喀什地区	草莓椒	LJ-38
	红宝 2 号	LJ-39
	珍珠椒	LJ-3
	二荆条	LJ-4
	艳椒 6 号	LJ-5
	保银 829	LJ-6
	天椒红冠	LJ-7
和静	天亿 5 号	LJ-40
	疆红	LJ-8
	天大	LJ-41
	华夏红	LJ-9
阿克苏地区农一师	萧丰 33	LJ-10
	红龙 23	LJ-11
	萧丰 33	LJ-12
	丹丹红 1 号	LJ-13
	前进红 16 号	LJ-14
	红龙 8488	LJ-15
	红龙 12	LJ-16
	红龙 23	LJ-17
	天椒红冠	LJ-18
	宝银 829	LJ-19
	山银 8 号	LJ-20
	2340 号	LJ-21
	LP-59	LJ-22
吉木萨尔	螺丝椒	LJ-2

名称与编号, 本研究采集的辣椒都为板椒, 只去种子, 保留果把、胎座和果皮混合处理进行测定。干辣椒样品是通过自然晒干之后常温保存, 辣椒粉样是干辣椒通过粉碎之后常温保存。所收集的 41 种辣椒样品一致性高, 同样在自然光照下晒干, 外观无创伤, 无明显病虫危害。

1.1.2 试 剂

偏磷酸、硫酸二氢钾、十六烷基三甲基溴化铵(分析纯, 上海展云化工有限公司); 甲醇、四氢呋喃(分析纯, 上海麦克林试剂有限公司); 乙酸锌、亚铁氰化钾(分析纯, 厦门安永博科技有限公司); 280 mL 屈臣氏蒸馏水(广州屈臣氏食品饮料有限公司)。

1.2 仪器与设备

NVE402ZH 万分之一电子天平(奥豪斯仪器上海有限公司); KQ5200DE 型数控超声波清洗机(昆山市超声仪器有限公司); SHA-C 水浴恒温振荡器(常州峥嵘仪器有限公司); ST1R Plus 通用台式离心机(上海凌仪生物科技有限公司); EYELA SB-1100 旋转蒸发仪(上海甄明科学仪器有限公司); MS3basic 漩涡混匀器(艾卡仪器设备有限公司); L6-L621 榨汁搅拌机(九阳股份有限公司); YS104NM 高效液相色谱仪、C_{18} 柱(4.6 mm×250 mm, 5 μm)(美国 Waters 公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 干辣椒维生素 C 含量测定

维生素 C 含量的测定: 参考 GB 5009.86—2016《食品安全国家标准 食品中抗坏血酸的测定》方法, 并略作修改。色谱柱: C_{18} 柱(4.6 mm×250 mm, 5 μm), 流动相按 A:B=98:2 (*V*:*V*)混合, A 相为 6.80 g 硫酸二氢钾和 0.91 g 十六烷基三甲基溴化铵, 用水溶解后定容; B 相为 100%的甲醇, 过膜后进行超声。在进样量 20 μL, 流速 0.7 mL/min, 检测波长 245 nm, 柱温箱温度 25 ℃条件下进行测定。

1.3.2 辣椒素类物质测定

参考 GB/T 21266—2007《辣椒及辣椒制品中辣椒素类物质测定及辣度表示方法》中的方法。色谱柱: C_{18} 柱(4.6 mm×250 mm, 5 μm), 流动相: 甲醇+水(65:35, *V*:*V*)洗脱, 进样量: 10 μL, 流速 1 mL/min, 紫外检测波长 280 nm, 柱温箱温度 30 ℃进行高效液相色谱法(high performance liquid chromatography, HPLC)分析。

(1)辣椒素类物质总量

辣椒素类物质总量按公式(1)计算:

$$W=\frac{W_a+W_b}{0.9} \quad (1)$$

式中: W 为辣椒素类物质总量, g/kg; W_a 和 W_b 为试样中辣椒素和二氢辣椒素的含量, g/kg。

(2)斯科维尔指数计算

斯科维尔指数(scoville heat unit, SHU)按公式(2)计算:

$$SHU=W\times0.9\times(16.1\times10^3)+W\times0.1\times(9.3\times10^3) \quad (2)$$

式中: 16.1×10^3 表示辣椒素或者二氢辣椒素转换成 SHU 的

系数; 9.3×10^3 表示剩余辣椒素类物质转换为斯科维尔的系数; 0.1 表示剩余辣椒素类物质含量的折算系数; W 表示试样中辣椒素类物质的总量, g/kg; 0.9 表示辣椒素与二氢辣椒素折算为辣椒素类物质总量的系数。

(3)辣度与斯科维尔指数的换算关系

辣度与 SHU 的换算关系按照公式(3)计算:

$$150\text{SHU}=1\text{ 度} \tag{3}$$

辣度级别按张敏等[24]报道的辣度分级来划分。

1.3.3　总糖含量测定

总糖含量测定参考 GB/T 5009.8—2016《食品中果糖、葡萄糖、蔗糖、麦芽糖、乳糖的测定》的方法。

1.4　数据处理

实验每组进行 3 次重复实验, 统计学 P 取 0.05 作为显著性水平, 采用单因素方差分析结合多重比较进行检验。使用 Microsoft Excel 2021, 支持数据录入、整理、基础计算(如均值、标准偏差)及表格格式化对数据进行整理, OriginPro 2021b, 支持绘制折线图、柱状图、散点图等科研图表, 可进行曲线拟合、峰值分析等进行做图, IBM SPSS Statistics 27.0, 支持描述性统计、t 检验、方差分析、相关性分析等功能进行显著性分析。

2　结果与分析

2.1　维生素 C 含量分析

辣椒中的维生素 C 是影响辣椒品质的重要指标之一。新疆地区 41 种辣椒样品的维生素 C 含量见表 2, 研究得出新疆辣椒中维生素 C 含量的范围为 5.89~33.90 mg/100 g, 38 种干辣椒的维生素 C 含量平均值为 8.33 mg/100 g, 其中样品编号为 LJ-12、LJ-18、LJ-19 的辣椒均未检出维生素 C, 分析原因可能为样品在实验处理过程中被污染。样品编号为 LJ-4、LJ-3、LJ-14、LJ-1、LJ-2 干辣椒的维生素 C 含量较高, 分别为喀什地区的二荆条和珍珠椒、阿克苏地区农一师的前进红 16 号、安宁渠地区的园椒 2326 号、吉木萨尔地区的螺丝椒; 其中样品编号为 LJ-4、LJ-3 的喀什地区二荆条和珍珠椒的维生素 C 含量远高于其他辣椒样品, 分别为(33.90±0.98) mg/100 g 和(24.60±0.98) mg/100 g; 样品编号为 LJ-14 的阿克苏地区农一师前进红 16 号辣椒维生素 C 含量为(17.90±0.98) mg/100 g; LJ-1 安宁渠地区的园椒 2326 号的为(16.00±0.98) mg/100 g; LJ-2 吉木萨尔地区螺丝椒为(15.30±0.07) mg/100 g。其余干辣椒的维生素 C 含量约在 5.89~7.52 mg/100 g 之间, 其中样品编号为 LJ-39 的喀什地区红宝 2 号辣椒的维生素 C 含量最低, 为(5.89±0.90) mg/100 g, 与同地区维生素 C 含量最高的编号为 LJ-4 的二荆条辣椒相差 28.01 mg/100 g。可见, 维生素 C 含量差异的原因主要集中在品种、种植地区(环境)。品种本身的遗传特性是维生素 C 含量差异的关键, 如喀什地区的 LJ-4、LJ-3 本身就是高维生素 C 的辣椒品种, 而 LJ-39 属于低含量品种, 这是品种基因决定的固有差异; 种植环境(气候、土壤、光照、水分等)也会影响维生素 C 合成: 比如喀什地区的辣椒 LJ-4、LJ-3 可能在光照时长、昼夜温差等环境条件上更利于维生素 C 积累, 而其他地区(如部分样品对应的种植区域)环境条件相对不利于其合成。

表 2　新疆 41 种主栽辣椒的维生素 C 含量(mg/100 g)
Table 2　Vitamin C content of 41 kinds of main cultivars of *Capsicum annuum* L in Xinjiang (mg/100 g)

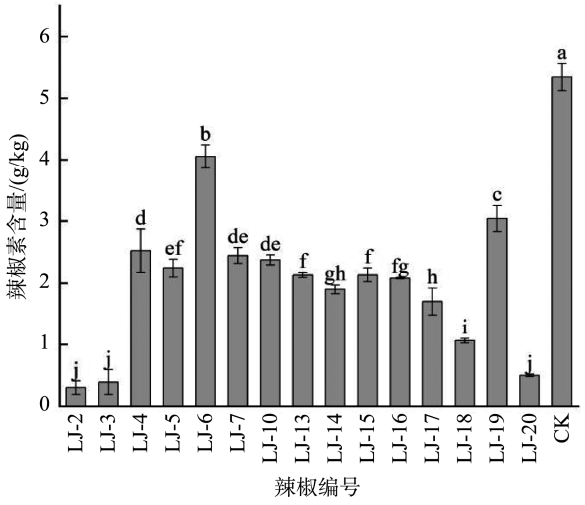
辣椒编号	维生素 C 含量	辣椒编号	维生素 C 含量
LJ-1	16.00±0.98^{de}	LJ-22	6.38±0.09^{ef}
LJ-2	15.30±0.07^{de}	LJ-23	5.99±0.90^{f}
LJ-3	24.60±0.98^{bc}	LJ-24	6.51±0.90^{ef}
LJ-4	33.90±0.98^{ab}	LJ-25	6.43±0.09^{ef}
LJ-5	5.94±0.90^{f}	LJ-26	6.19±0.09^{f}
LJ-6	6.46±0.06^{ef}	LJ-27	6.31±0.09^{ef}
LJ-7	6.25±0.04^{ef}	LJ-28	6.77±0.09^{ef}
LJ-8	6.26±0.04^{ef}	LJ-29	6.64±0.09^{ef}
LJ-9	5.95±0.04^{f}	LJ-30	6.77±0.09^{ef}
LJ-10	7.14±0.90^{ef}	LJ-31	6.30±0.90^{ef}
LJ-11	6.61±0.07^{ef}	LJ-32	6.64±0.08^{ef}
LJ-12	-	LJ-33	6.57±0.09^{ef}
LJ-13	7.52±0.09^{ef}	LJ-34	6.21±0.09^{f}
LJ-14	17.90±0.98^{cd}	LJ-35	5.98±0.90^{f}
LJ-15	7.11±0.09^{ef}	LJ-36	6.01±0.09^{f}
LJ-16	6.03±0.09^{f}	LJ-37	5.90±0.09^{f}
LJ-17	5.90±0.90^{f}	LJ-38	6.11±0.09^{f}
LJ-18	-	LJ-39	5.89±0.90^{f}
LJ-19	-	LJ-40	5.92±0.09^{f}
LJ-20	6.07±0.09^{f}	LJ-41	5.91±0.09^{f}
LJ-21	6.28±0.09^{ef}		

注: 不同小写字母表示差异显著(P<0.05), 下表同; -表示未检出。

2.2　辣椒素类物质及辣度分析

2.2.1　辣椒素含量分析

辣椒的辣味主要来源为辣椒素与二氢辣椒素, 二者对于评估辣椒的辣度至关重要。图 1 为新疆地区 20 种辣椒的辣椒素含量, CK 为水发高辣。其中样品编号为 LJ-11、LJ-12、LJ-21、LJ-22 未检出, 原因为实验过程中容量瓶编号不清, 故无法检出上述 4 种辣椒。由图 1 可知, 16 种干辣椒粉样品的辣椒素含量在 0.30~4.05 g/kg(水发高辣除外)之间。除水发高辣外, 喀什地区 LJ-6(保银 829)的辣椒素含量最高, 吉木萨尔地区 LJ-2、喀什地区 LJ-3、阿克苏地区农一师 LJ-20 未见显著差异。



注: 不同小写字母表示差异显著(P<0.05), 下图同。

图 1 新疆 16 种辣椒辣椒素含量及其分布图

Fig.1 Capsaicin content and its distribution of 16 kinds of *Capsicum annuum* L in Xinjiang

2.2.2 二氢辣椒素含量分析

由图 2 可知, 喀什地区 LJ-6 与阿克苏地区农一师 LJ-19 二氢辣椒素含量与其他辣椒相比差异显著(P<0.05), 且这两种辣椒与水发高辣样品中二氢辣椒素含量差距较小; 其中喀什地区的 LJ-6 二氢辣椒素含量差异最高, 且高于水发高辣样品; 吉木萨尔地区 LJ-2 的差异最低。

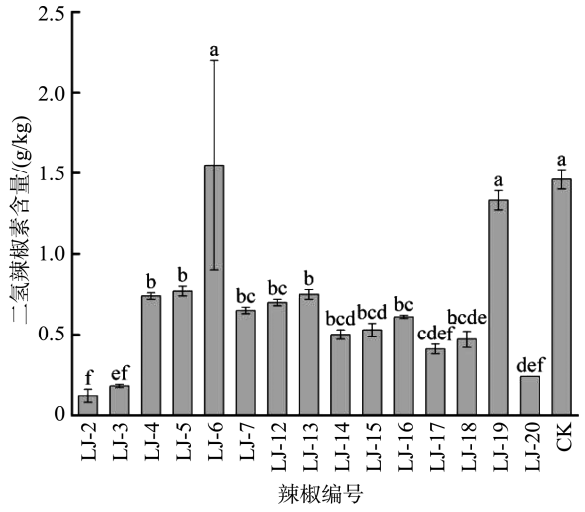


图 2 新疆 16 种辣椒二氢辣椒素含量及其分布图

Fig.2 Dihydrocapsaicin content and its distribution of 16 kinds of *Capsicum annuum* L in Xinjiang

2.2.3 辣椒素总量分析

由图 3 可知, 除水发高辣外, 喀什地区 LJ-6 辣椒素总量最高, 吉木萨尔地区 LJ-2、喀什地区 LJ-3、阿克苏地区农一师的 LJ-20 差异不显著。根据图 1~3 结果可知, 辣椒素含量与二氢辣椒素含量高的辣椒, 辣椒素总量也高。

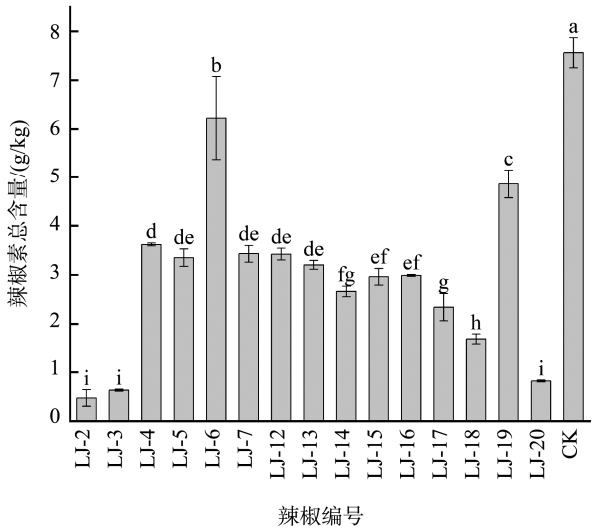


图 3 新疆 16 种辣椒辣椒素总量及其分布图

Fig.3 Capsaicin total content and its distribution of 16 kinds of *Capsicum annuum* L in Xinjiang

2.2.4 辣椒素总量平均值及辣度分析

分别对 16 种辣椒样品的辣椒素总量平均值及辣度进行分析, 由表 3 可知, 辣椒素类物质含量的范围为 0.49~6.22 g/kg, 除水发高辣外, LJ-6 辣椒素总量平均值最高(6.22 g/kg), 喀什地区 LJ-6 SHU 最高。除吉木萨尔地区的 LJ-2、喀什地区的 LJ-3 以及阿克苏地区农一师 LJ-20 辣椒外均达到爆辣级别, 阿克苏地区农一师 LJ-20 辣椒的辣度级别达到特辣级别。

表 3 新疆 16 种辣椒的辣椒素总量平均值及辣度

Table 3 Mean values of total capsaicinoids and hotness of 16 kinds of *Capsicum annuum* L in Xinjiang

辣椒编号	辣椒素总量平均值/(g/kg)	SHU	辣度/度	辣度级别
LJ-2	0.49±0.02^{m}	7227	48	中辣
LJ-3	0.63±0.03^{l}	9758	65	高辣
LJ-4	3.62±0.04^{d}	55836	372	爆辣
LJ-5	3.35±0.03^{e}	51712	345	爆辣
LJ-6	6.22±0.04^{b}	95929	640	爆辣
LJ-7	3.43±0.04^{e}	52914	353	爆辣
LJ-12	3.42±0.03^{e}	52686	351	爆辣
LJ-13	3.20±0.02^{f}	49281	329	爆辣
LJ-14	2.66±0.03^{h}	40989	273	爆辣
LJ-15	2.96±0.04^{g}	45581	304	爆辣
LJ-16	2.99±0.02^{g}	46070	307	爆辣
LJ-17	2.34±0.02^{i}	36143	241	爆辣
LJ-18	1.69±0.02^{j}	26131	174	爆辣
LJ-19	4.86±0.04^{c}	74937	500	爆辣
LJ-20	0.82±0.03^{k}	12674	84	特辣
CK	7.56±0.04^{a}	116501	777	爆辣

2.3　糖含量分析

2.3.1　果糖含量分析

由图 4 可知, 样品编号为 LJ-2 号吉木萨尔地区螺丝椒的果糖含量最高, 为 17.10 g/100 g, 其次为, 样品编号 LJ-30 安宁渠地区的 LC-183 和样品编号 LJ-38 号喀什地区的草莓椒, 且果糖含量基本一致, 果糖含量分别为(14.90±0.50) g/100 g 和(14.80±0.54) g/100 g, 其样品编号为 LJ-5 喀什地区艳椒 6 号的果糖含量最低。

2.3.2　葡萄糖含量分析

由图 5 可知, 样品编号为 LJ-2 号的吉木萨尔地区螺丝椒葡萄糖含量最高, 为(10.80±0.49) g/100 g。样品编号为 LJ-38、LJ-39、LJ-40 的喀什地区的草莓椒、红宝 2 号及和静的天亿 5 号辣椒葡萄糖含量均为 7.50 g/100 g, 样品编号为 LJ-5 号喀什地区艳椒 6 号葡萄糖含量最低, 为(1.80±0.33) g/100 g。

2.3.3　麦芽糖含量分析

由图 6 可知, 41 种辣椒样品中有 15 种辣椒样品检出微量麦芽糖, 且平均含量不足 0.5 g/100 g。其中样品编号为 LJ-19、LJ-21、LJ-27、LJ-39 的阿克苏地区农一师宝银 829 和 2340 号辣椒、安宁渠地区 LC-173 辣椒、喀什地区红宝 2 号的 4 种辣椒的麦芽糖含量较为明显都在 0.35 g/100 g 以上, 其余辣椒都在 0.30 g/100 g 以下, 因此并不是所有辣椒都能检出麦芽糖。

2.3.4　蔗糖含量分析

由图 7 可知, 共有 20 种辣椒中能检出蔗糖, 其中样品编号为 LJ-16 和 LJ-34 的阿克苏地区农一师的红龙 12 和安宁渠地区园椒 2335 辣椒的蔗糖含量较高, 分别为(2.30±0.08) g/100 g、(2.90±0.12) g/100 g, 其余辣椒蔗糖含量都在 1.25 g/100 g 以下。

2.3.5　总糖含量分析

由图 8 可知, 41 种辣椒总糖含量在 4.80~29.20 g/100 g 之间。其中样品编号为 LJ-2 吉木萨尔地区螺丝椒的总糖含量最高, 为(29.20±0.50) g/100 g, 其次是样品编号为 LJ-30 的安宁渠地区 LC-183 辣椒, 总糖含量为(24.49±0.90) g/100 g, 与总糖含量最高的 LJ-2 相差 4.71 g/100 g; 样品编号为 LJ-5 的喀什地区艳椒 6 号总糖含量最低, 为(4.80±0.40) g/100 g。

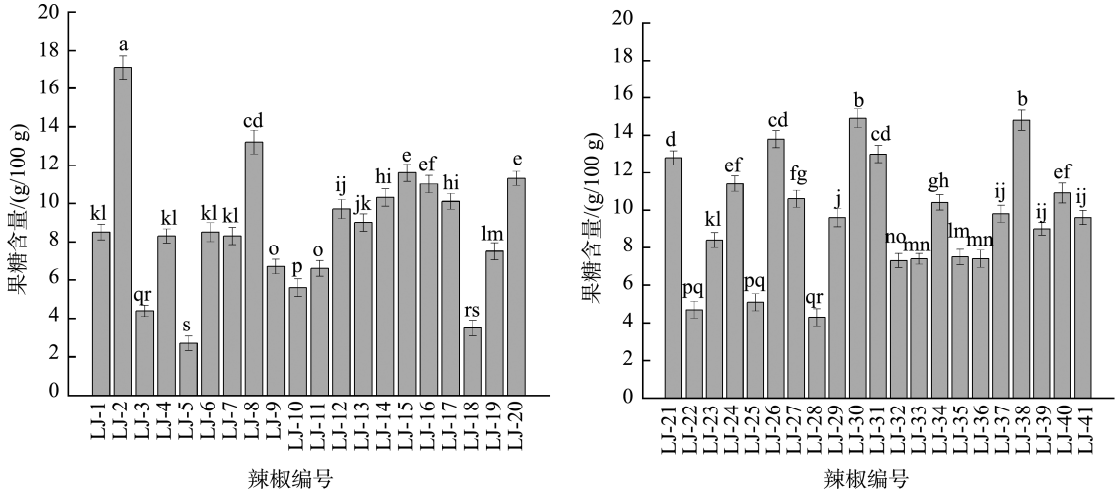


图 4　新疆 41 种辣椒果糖含量

Fig.4　Fructose content of 41 kinds of *Capsicum annuum* L in Xinjiang

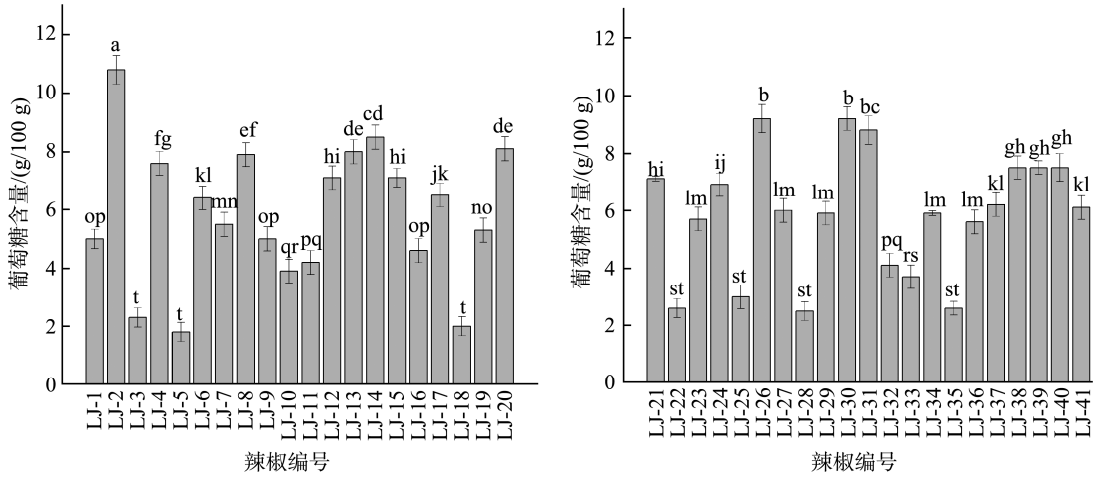


图 5　新疆 41 种辣椒葡萄糖含量

Fig.5　Glucose content of 41 kinds of *Capsicum annuum* L in Xinjiang

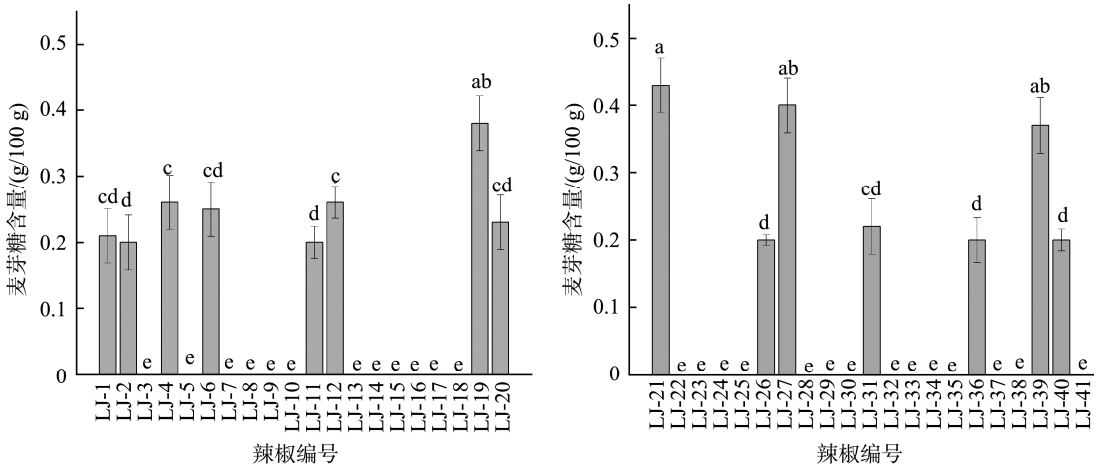


图 6 新疆 41 种辣椒麦芽糖含量

Fig.6 Maltose content of 41 kinds of *Capsicum annuum* L in Xinjiang

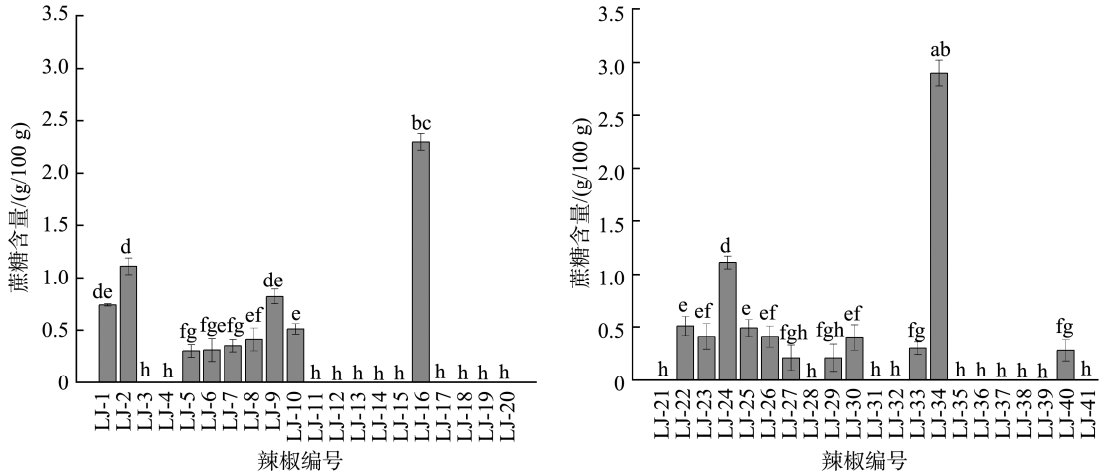


图 7 新疆 41 种辣椒蔗糖含量

Fig.7 Sucrose content of 41 kinds of *Capsicum annuum* L in Xinjiang

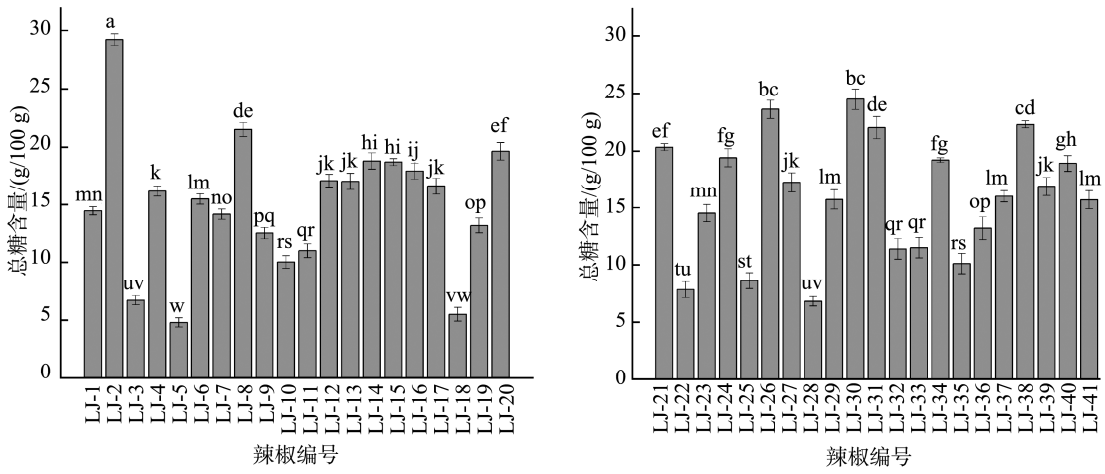


图 8 新疆 41 种辣椒总糖含量

Fig.8 Total sugar content of 41 kinds of *Capsicum annuum* L in Xinjiang

3　讨论与结论

新疆是中国重要的辣椒产区之一, 其辣椒品种繁多、特色鲜明, 具有较高的市场需求和经济价值。因此, 开展对新疆辣椒特色品质的检测与分析研究, 对于推动新疆辣椒产业的发展, 提高辣椒产品的质量和竞争力具有重要意义。陶兴林等[25]以 16 个加工辣椒品种为实验材料, 通过对 22 个指标测定和统计分析, 发现不同加工辣椒品种在外观品质、色泽品质、质构特性、营养品质均存在明显差异。年国芳等[26]采用多元分析方法对新疆 12 个辣椒品种的 16 个品质指标进行测定与分析, 发现品种的品质性状具有丰富的遗传多样性。张海洲等[27]为全面评估和分析辣椒种质资源的营养品质, 测定 7 项果实营养品质指标, 证明辣椒素类物质、干物质、辣椒红素含量可以作为评价辣椒营养品质的代表性指标。

本次研究得出 38 种干辣椒的维生素 C 含量平均值为 8.33 mg/100 g。刘易伟等[28]测定辣椒及辣椒加工食品水溶性维生素含量, 报道结果显示干辣椒维生素 C 含量为 9.30 mg/100 g, 与此研究得出的 38 种干辣椒的维生素 C 含量平均值差距较小。由于本研究采用的样品种类较多, 并且来自新疆的 5 个地区各地区土壤条件和生长环境不一样, 且样品采集是随机的另外样品特征也不一样, 故辣椒维生素 C 含量有一定的差异, 这些因素均有可能影响辣椒维生素 C 含量的高低。

数据分析显示 16 种干辣椒粉样品的辣椒素类物质含量结果在 0.49~6.22 g/kg 之间, 高于王兴波等[29]报道的 9 种辣椒的辣椒素类物质的含量, 说明新疆辣椒的辣椒素类物质含量高于其他地区。褚泽军等[30]研究结果得出, 新疆处于亚欧大陆腹地, 地域辽阔, 属于典型的大陆性气候, 光照资源丰富且昼夜温差大, 有利于辣椒的干物质积累。这一地区的辣椒果肉蛋白质、可溶性固形物、葡萄糖、辣椒红素含量较高, 品质较优。可能新疆的土壤、水分、光照等物化条件更适宜辣椒生产和加工, 具体原因后期需要更加标准地去进行研究。

本研究中发现维生素 C 含量最高和辣椒素类物质含量最高的辣椒样品均来源于喀什地区, 总糖含量最高的辣椒样品来源于吉木萨尔地区; 由此推断, 喀什地区有利于辣椒高维生素 C、高辣度成份的积累, 而吉木萨尔地区则有利于辣椒糖度的积累。此外 38 种辣椒中维生素 C 含量最高和最低的辣椒都在喀什地区, 并且维生素 C 含量相对较高的两种辣椒均来源于喀什地区, 所以喀什地区是检测辣椒维生素 C 含量的最佳采样地, 但土壤、水分、光照等条件都影响辣椒的品质, 故后期需要更加全面地进行研究。

本研究对 41 个辣椒品种的 8 个品质指标进行了综合分析, 结果表明: 编号为 LJ-4 的喀什地区二荆条的维生素 C 含量最高, 编号为 LJ-6 的喀什地区保银 829 的辣度最大, 编号为 LJ-2 的吉木萨尔地区螺丝椒的总糖含量最高。维生素 C 含量高的辣椒可提供丰富的营养物质、改善机体消化能力, 并辅助预防一些疾病, 因此 LJ-4 可作为制作功能性食品的优选辣椒品种。LJ-2 的糖分较高, 可用于制作甜味较重的辣椒酱或甜味食品, 也可用于烹饪需甜辣结合的菜肴, 还能作为具有特殊风味的食品添加剂。LJ-6 的辣度最大, 可作为辣味食品添加剂用于制作火锅底料等。不同品质的辣椒可依据其差异应用于不同的工业生产领域, 以期为辣椒的深加工提供理论依据。

参考文献

[1] 高佳, 田玉肖, 罗芳耀, 等. 10 个线椒品种干制品品质分析[J]. 食品工业科技, 2021, 42(14): 284–288.
GAO J, TIAN YX, LUO FY, *et al*. Analysis of dried product quality in 10 chili pepper varieties [J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(14): 284–288.

[2] BAENAS N, BELOVIC M, ILIC N, *et al*. Industrial use of pepper (*Capsicum annum* L.) derived products: Technological benefits and biological advantages [J]. Food Chemistry, 2019, 27(4): 872–885.

[3] MENGLU Y, JUN H, RONGQING Z, *et al.* Discriminating the effects of microbial fortification on quality of Pixian Doubanjiang-pei manufactured by different chili varieties [J]. Food Bioscience, 2023, 54: 102880.

[4] DONGGEUN H, DONGHEE Y, TAEYOUNG K. Analysis of social welfare impact of crop pest and disease damages due to climate change: A case study of dried red peppers [J]. Humanities and Social Sciences Communications, 2023, 10(1): 1–13.

[5] EBRYLA D, MACHADO AR. Comparative effects of nitrogen fertigation and granular fertilizer application on growth and availability of soil nitrogen during establishment of highbush blueberry [J]. Frontiers in Plant Science, 2011, 2: 46.

[6] BAE H, JAYAPRAKASHA G, JIFON J, *et al*. Variation of antioxidant activity and the levels of bioactive compounds in lipophilic and hydrophilic extracts from hot pepper (*Capsicum* spp) cultivars [J]. Food Chemistry, 2012, 134(4): 1912–1918.

[7] 崔巍平, 陈俊科, 李欣. 新疆辣椒产业发展现状及对策[J]. 现代农业科技, 2022(13): 195–197, 201.
CUI WP, CHEN JK, LI X. Current status and countermeasures for the development of Xinjiang's chili industry [J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2022(13): 195–197, 201.

[8] MIRMANTO, SYAHRUL, SULISTYOWATI DE, *et al.* Effect of inlet temperature and ventilation on heat transfer rate and water content removal of red chilies [J]. Journal of Mechanical Science and Technology, 2017, 31(3): 1531–1537.

[9] KRISHNAPURA S. Biological activities of red pepper (*Capsicum annuum*) and its pungent principle capsaicin: A review [J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2016, 56(9): 1488–500.

[10] 萨仁高娃, 胡文忠, 姜爱丽. 辣椒营养保健功能及辣椒食品的研究进展[J]. 食品工业科技, 2012, 33(15): 371–375.
SAREN GW, HU WZ, JIANG AIL. Research progress on nutritional and health benefits of chili peppers and chili foods [J]. Science and

Technology of Food Industry, 2012, 33(15): 371–375.

[11] SHIN Y, KIM MJ, PARK K. The effect of capsaicin on salivary gland dysfunction [J]. Molecules, 2016, 21(7): 835–835.

[12] WANG YW, ZHOU YH, FU J. Advances in antiobesity mechanisms of capsaicin [J]. Current Opinion in Pharmacology, 2021, 61: 1–5.

[13] 占文婷, 胡思卓, 黄倞文, 等. 辣椒粉中还原型维生素 C 含量的测定[J]. 中国调味品, 2017, 42(3): 104–109.
ZHAN WT, HU SZ, HUANG QW, *et al*. Determination of reduced vitamin C content in chili powder [J]. China Condiment, 2017, 42(3): 104–109.

[14] SOCHINA R, LOIC D, FRANCESCA R, *et al*. Discovery of novel small molecule growth inhibitors to manage pseudomonas leaf spot disease on peppers (*Capsicum* sp.) [J]. Plant Disease, 2023. DOI: 10.1094/pdis-12-22-2976-re

[15] HABIBA SE, FATHELBAB HM, OMAR ME, *et al*. Capsaicin counteracts dexamethasone-induced osteoporosis and metabolic disturbances in rats: Role of AMPK/SIRT1/*β*-catenin/RUNX2 pathway [J]. Journal of Molecular Histology, 2025, 56(3): 175.

[16] HENG Z, XU XW, XU XM, *et al*. Integrated transcriptomic and metabolomic analysis of chili pepper fruits provides new insight into the regulation of the branched chain esters and capsaicin biosynthesis [J]. Food Research International, 2023, 169: 112856.

[17] 王立浩, 张正海, 曹亚从, 等. “十二五”我国辣椒遗传育种研究进展及其展望[J]. 中国蔬菜, 2016(1): 1–7.
WANG LH, ZHANG ZH, CAO YC, *et al*. Progress and outlook of pepper genetic breeding research in China during the twelfth five-year plan period [J]. China Vegetables, 2016(1): 1–7.

[18] 范智义, 王俏君, 邓维琴, 等. 辣椒素类物质辣味的研究进展[J]. 食品科学, 2023, 44(7): 363–371.
FAN ZY, WANG QJ, DENG WQ, *et al*. Research progress on pungent properties of capsaicinoids [J]. Food Science, 2023, 44(7): 363–371.

[19] 吴铎思, 马安妮. 新疆辣椒品牌的创新之路[N]. 工人日报, 2023-10-24(007).
WU DS, MA ANN. The innovation path of Xinjiang chili brands [N]. Workers’ Daily, 2023-10-24(007).

[20] 焦灰敏, 桑玉伟, 何宗铃, 等. 新疆辣椒产业发展优势分析及发展建议[J]. 新疆农垦科技, 2024, 47(2): 43–46.
JIAO HM, SANG YW, HE ZL, *et al*. Analysis of development advantages and recommendations for Xinjiang’s chili industry [J]. Xinjiang Farm Research of Science and Technology, 2024, 47(2): 43–46.

[21] TILEN Z, ALJAŽ M, ROBERT V, *et al*. Metabolic variation among fruits of different chili cultivars (*Capsicum* spp.) using HPLC/MS [J]. Plants, 2021, 11(1): 101.

[22] TILEN Z, JERNEJA J, METKA H, *et al*. Influence of intra and inter species variation in chilies (*Capsicum* spp.) on metabolite composition of three fruit segments [J]. Scientific Reports, 2021, 11(1): 4932.

[23] 高佳, 田玉肖, 罗芳耀, 等. 16 个优良朝天椒组合干制品质分析与评价[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(4): 1386–1392.
GAO J, TIAN YX, LUO FY, *et al*. Analysis and evaluation of drying quality of 16 excellent bird’s eye chili combinations [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2021, 12(4): 1386–1392.

[24] 张敏, 靳泽荣, 伏华, 等. 辣椒及其制品中辣椒素含量检测及辣度分级[J]. 食品安全导刊, 2021(16): 49–51.
ZHANG M, JIN ZR, FU H, *et al*. Detection of capsaicin content and pungency grading in chili peppers and their products [J]. China Food Safety Magazine, 2021(16): 49–51.

[25] 陶兴林, 朱惠霞, 张玉鑫, 等. 基于主成分和聚类分析的加工辣椒品质特性及相关性分析[J]. 食品研究与开发, 2024, 45(14): 148–156.
TAO XL, ZHU HX, ZHANG YX, *et al*. Quality characteristics and correlation analysis of processed chili peppers based on principal component and cluster analysis [J]. Food Research and Development, 2024, 45(14): 148–156.

[26] 年国芳, 郭超男, 徐建宗, 等. 新疆制干辣椒品质综合评价及加工适宜性分析[J]. 食品工业科技, 2023, 44(4): 317–325.
NIAN GF, GUO CN, XU JZ, *et al*. Comprehensive evaluation of dried chili quality and analysis of processing suitability in Xinjiang [J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(4): 317–325.

[27] 张海洲, 谢一琪, 王云飞, 等. 辣椒种质资源果实营养品质的分析与评价[J]. 中国蔬菜, 2025(4): 38–47.
ZHANG HZ, XIE YQ, WANG YF, *et al*. Analysis and evaluation of fruit nutritional quality in pepper germplasm resources [J]. China Vegetables, 2025(4): 38–47.

[28] 刘易伟, 胡文忠, 刘程惠, 等. 高效液相色谱法测定辣椒及辣椒加工食品中维生素含量[J]. 黔南民族医专学报, 2016, 29(2): 96–100.
LIU YW, HU WZ, LIU CH, *et al*. Determination of vitamin content in chili peppers and processed chili products by high-performance liquid chromatography [J]. Journal of Qiannan Medical College for Nationalities, 2016, 29(2): 96–100.

[29] 王兴波, 饶雷, 王永涛, 等. 9 个品种干辣椒的品质分析及评价[J]. 食品工业科技, 2022, 43(18): 300–310.
WANG XB, RAO L, WANG YT, *et al*. Quality analysis and evaluation of 9 varieties of dried chili peppers [J]. Science and Technology of Food Industry, 2022, 43(18): 300–310.

[30] 褚泽军, 彭思嘉, 侯鹏颉, 等. 我国辣椒主产地特色鲜椒品质评价及加工适宜性分析[J]. 食品科学, 2025, 46(20): 47–56.
CHU ZJ, PENG SJ, HOU PJ, *et al*. Evaluation of quality characteristics and analysis of processing suitability of fresh chili peppers from major production areas in China [J]. Food Science, 2025, 46(20): 47–56.

(责任编辑: 安香玉 蔡世佳)