

不同产地灰枣中主要活性成分比较分析

王会鱼¹, 王国霞¹, 李春阁¹, 卢超¹, 武思¹, 冯建灿^{2*}

(1. 郑州师范学院生命科学学院, 河南郑州 450044; 2. 河南农业大学, 河南郑州 450002)

摘要 [目的]比较在不同产地自然环境条件下灰枣果实主要活性成分的差异。[方法]对产自河南新郑市孟庄镇、宁夏中宁县枣园乡、新疆且末县阿热勒镇3个产区的灰枣果实的主要活性成分含量差异进行分析,并利用主成分分析方法进行综合评价。[结果]灰枣果实性状比较分析,宁夏和新疆单果重较大,分别是69.44和62.53 g,河南单果重较小,为45.48 g;宁夏和新疆可食部分分别为64.17和59.50 g,也均大于河南。宁夏灰枣可溶性糖、蔗糖、葡萄糖、果糖、还原糖、粗纤维含量较高,其次是新疆,河南最低。宁夏的总黄酮和cAMP的含量较高,分别为4.17 mg/g和551.6 μg/g。不同产地主要的气候条件与果实品质之间存在一定的相关性,其中日照时数影响最大,其次是光照强度、昼夜温差。结果表明日照时数越长,灰枣的可溶性糖、蔗糖、葡萄糖、果糖、粗纤维、总黄酮、cAMP含量越高,反之较低;光照强度和昼夜温差越大,也会促使灰枣的可溶性糖、总黄酮、cAMP含量增高。[结论]在不同的生态环境条件下,尤其日照时数对灰枣主要活性成分影响较大,光照强度和昼夜温差也会对灰枣品质产生不同程度的差异。

关键词 灰枣;不同产地;活性成分;差异比较;综合评价

中图分类号 TS255 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2023)11-0152-04

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2023.11.037

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Comparative Analysis of Main Active Components in Grey Jujube from Different Producing Areas

WANG Hui-yu, WANG Guo-xia, LI Chun-ge et al (School of Life Science, Zhengzhou Normal University, Zhengzhou, Henan 450044)

Abstract [Objective] To compare the differences in the main active components of grey jujube fruit under natural environmental conditions in different producing areas. [Method] This experiment had analyzed the difference in the main active ingredient content of gray jujube fruits from three producing areas of Mengzhuang Town, Xinzheng City, Henan Province, Zaoyuan Township, Zhongning County, Ningxia Province and Arele Town, Qiemo County, Xinjiang Province, a comprehensive evaluation was carried out using the main component analysis method. [Result] Comparative analysis of fruit traits of grey jujube showed that the single fruit weight in Ningxia and Xinjiang was relatively large, with 69.44 and 62.53 g respectively, while the single fruit weight in Henan was relatively small, with 45.48 g. The edible part of Ningxia and Xinjiang were also greater than Henan, with 64.17 and 59.50 g, respectively. The contents of soluble sugar, sucrose, glucose, fructose, reducing sugar and crude fiber in Ningxia were high, followed by Xinjiang, the lowest in Henan. The content of total flavonoids and cAMP was also higher in Ningxia, with 4.17 mg/g and 551.6 μg/g, respectively. There was a certain correlation between the main climatic conditions of different producing areas and fruit quality. Among them, the sunshine duration had the greatest impact, followed by light intensity and temperature difference between day and night. Results showed that the longer the sunshine duration, the higher the content of soluble sugar, sucrose, glucose, fructose, crude fiber, total flavonoids, and cAMP in grey jujube, while the opposite was true; the greater the light intensity and the temperature difference between day and night, the higher the content of soluble sugars, total flavonoids and cAMP in grey jujube. [Conclusion] Under different ecological conditions, especially the sunshine duration, the main active components of grey jujube are greatly affected, and the intensity of sunlight and the temperature difference between day and night can also have varying degrees of differences in the quality of grey jujube.

Key words Grey jujube; Different producing areas; Active components; Difference comparison; Comprehensive evaluation

枣是一味常见的药食同源方药,不仅是常见的滋补食品,也是临床常用中药^[1-2]。大枣在我国栽培历史悠久,多部论著中均有记载,具有补中益气、养血安神等功能^[3-4]。近几年来,许多学者对不同品种红枣有效成分、红枣提取物抗氧化能力、功能食品方面的开发和利用、同一地区不同品种枣组分等进行了多方面的研究^[5-7]。枣在我国种植普遍,不同产地的枣受土质、气候、光照、温差等因素的影响,品质会有较大的差异^[8-10]。如Li等^[8]分析了不同品种枣中主要营养成分和矿质元素,发现干食枣重果糖和葡萄糖含量较高,矿质元素主要是钾、磷、钙、锰。对于果实品质的影响,主要是由于当地得天独厚环境条件所影响,有效成分含量较高,也成为某地中药材产业发展的招牌。如果是相同的一味中药材,大家更倾向于地道药材产区^[11]。目前,同品种大枣可以

跨度较大的范围分布,但对红枣在不同地区种植其果实品质主要活性性状是否存在差异报道尚少。该研究以同一品种不同产地灰枣为试验材料,测定枣果各种品质性状,从果实外观品质(单果重、可食用部分、可食用率)和主要内在活性成分(可溶性糖、蔗糖、葡萄糖、果糖、还原糖、淀粉和粗纤维)对各产地灰枣果实品质指标差异进行分析比较,并进行综合评价,为灰枣的功能性开发和利用提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料 灰枣果实分别采自河南新郑市孟庄镇(113°44'7.71"E, 34°23'50.18"N,以下简称河南)、宁夏中宁县枣园乡(105°36'30.57"E, 37°04'29.59"N,以下简称宁夏)、新疆且末县阿热勒镇(85°31'38.59"E, 38°08'43.38"N,以下简称新疆)这3个有代表性的产区。取样时选择色泽相近、大小均匀、无损伤及虫害的灰枣果实,每个产区各选60个全熟枣果。

1.2 仪器与设备 紫外可见分光光度计(T6型,北京普析通用仪器有限责任公司);数控超声波清洗机(TH-250B型,济宁天华超声电子仪器有限公司);电子天平(JA3003N型,

基金项目 河南省科技攻关项目(202102110080);河南省高等学校重点科研项目(22B360019);河南省科技攻关项目(212102110211)。

作者简介 王会鱼(1988—),女,河南林州人,讲师,博士,从事药食同源产品开发和利用等研究。*通信作者,教授,博士,博士生导师,从事果树种质资源创新与遗传改良研究。

收稿日期 2022-11-04

上海菁海仪器有限公司);电热鼓风干燥箱(DHG-9140型,上海恒科学仪器有限公司);旋风式粉碎机(FOSS SCINO CT410,杭州嘉伟创新科技有限公司);数控超声波清洗机(TH-250B型,济宁天华超声电子仪器有限公司);旋转蒸发器(RE-52AA型,上海予华仪器有限公司);循环水式多用真空泵(SHZ-95B型,上海予华仪器有限公司);高效液相色谱仪(Waters e2695型,美国Waters公司)。

1.3 试验方法

1.3.1 外观品质测定。不同产区的灰枣各取30个,用刀片将灰枣去果核,切块,置恒温干燥箱中80℃烘干(烘干至恒重),用电子天平测定单果重和枣核重。然后利用粉碎机磨成枣粉,过筛,存放干燥的磨砂广口瓶中,分别贴好标签,供接下来各试验指标的测定。

不同产区灰枣也各取30个,分别放入锅内煮沸,煮至枣表皮破裂出小口且不煮碎的情况下,将果皮撕下,果肉剥离,果皮和果肉放入烘箱中烘至恒重,称取果皮重、果肉重,进行可食用率的计算^[12]。

1.3.2 内在活性成分的测定。不同产地灰枣主要活性成分提取过程中,各指标均3次重复。用蒽酮比色法测定灰枣中可溶性糖、蔗糖、葡萄糖、果糖、还原性糖、淀粉、粗纤维的含量^[12],利用紫外分光光度计测定各有效成分的吸光度,并计算出含量。灰枣中总黄酮含量采取超声波辅助法^[13]。环磷酸腺苷(cAMP)含量测定采用高效液相色谱法^[14-15]。

1.4 数据分析 采用Excel 2016软件对试验数据进行计算和统计分析,同时利用SPSS 28.0进行综合评定。

2 结果与分析

2.1 不同种植地气象条件差异比较 从表1可以看出,河

南年均气温和年降水量最高,年均气温新疆和宁夏差别不大,年降水量新疆最低。3个不同产区的灰枣日照时数宁夏最多,河南最少。

表1 不同产地灰枣气象条件

Table 1 The meteorological conditions of grey jujube in different producing areas

产地 Producing areas	年均气温 Annual average temperature ℃	年降水量 Average annual precipitation mm	年日照时数 Annual average sunshine duration/h
新疆 Xinjiang	10.9	2.3	3 000.0
宁夏 Ningxia	9.9	16.0	3 500.0
河南 Henan	14.6	57.5	1 894.2

2.2 不同产地灰枣果实的外在品质比较分析 从表2可以看出,灰枣在不同产区种植时,测定的果实外观品质指标差异较大,甚至一些产区间达到了显著差异水平。其中宁夏和新疆的单果枣重显著大于河南,但宁夏和新疆之间差异不显著,宁夏单果重最高,达到了69.44g,河南单果重最低,仅为45.48g。不同产区枣核重、果皮重、果肉重不同,宁夏枣核重显著大于河南和新疆,宁夏最大(5.26g),河南最小(2.42g);宁夏和新疆果肉重和可食部分均显著高于河南;3个产区枣果皮重不同,但差异不显著。不同产地枣可食用率也不同,河南和新疆的枣果可食用率显著高于宁夏,河南和新疆枣果可食用率差异不显著。宁夏和新疆单果重较大,可食部分和可食用率高,果肉多,河南灰枣与之相反。说明同一品种的灰枣在不同的产区种植,果实的外观品质差异明显。

表2 不同产地灰枣果实的外观品质差异

Table 2 Differences in appearance quality of grey jujube fruits from different producing areas

产地 Producing areas	单果重 Single fruit mass/g	枣核重 Jujube pit mass/g	果皮重 Rind mass g	果肉重 Pulp mass/g	可食部分 Edible part/g	可食用率 Edible rate/%
宁夏 Ningxia	69.44 a	5.26 a	5.95 a	58.23 a	64.17 a	92.42 b
河南 Henan	45.48 b	2.42 b	4.55 a	38.44 b	42.99 b	94.52 a
新疆 Xinjiang	62.53 a	3.02 b	5.30 a	54.20 a	59.50 a	95.16 a

注:同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant differences ($P<0.05$).

2.3 不同产地灰枣内在品质比较分析

2.3.1 枣果实可溶性固形物。在枣中可溶性固形物主要指可溶性糖类,包括蔗糖、葡萄糖、果糖、还原糖、淀粉和粗纤维(不溶于水)等。从表3可以看出,不同产地枣果实可溶性固形物含量不同,一些产地间达到了显著差异水平。其中宁夏灰枣蔗糖、葡萄糖、果糖、还原糖的含量最高,新疆灰枣蔗糖、葡萄糖、果糖、还原糖的含量居中,河南灰枣蔗糖、葡萄糖、果糖、还原糖的含量最低,不同产地灰枣蔗糖、葡萄糖、果糖、还原糖含量之间均存在显著差异。河南灰枣淀粉含量最高,宁夏居中,新疆最低,不同产地灰枣淀粉含量差异显著。宁夏可溶性糖含量最高,新疆居中,河南最低,不同产地灰枣可溶性糖存在显著差异。宁夏灰枣粗纤维含量最高,新疆居中,

宁夏最低,粗纤维含量间差异显著。可见,3种不同种植产地的灰枣,除淀粉外,宁夏灰枣可溶性糖、蔗糖、葡萄糖、果糖、还原糖、粗纤维含量均最高,其次是新疆,河南最低。

2.3.2 总黄酮含量。由图1可知,不同产地灰枣总黄酮含量不同,且不同产地灰枣总黄酮含量达到了显著差异水平。其中,宁夏总黄酮含量最高(4.17 mg/g),新疆次之(4.08 mg/g),河南最低(1.99 mg/g)。

2.3.3 cAMP含量。cAMP是一种重要生理活性物质,多数报道说明不同品种枣中cAMP含量存在差异。由图2可知,宁夏灰枣cAMP含量最高(551.6 μg/g),其次是新疆(297.0 μg/g),河南最低(169.2 μg/g),3个不同产地灰枣的cAMP含量存在显著差异。说明在不同产地种植灰枣,生态

环境条件对 cAMP 含量的影响较大。

表 3 不同产地灰枣可溶性固形物含量比较

Table 3 Comparison of soluble solid content of grey jujube in different producing areas

单位: %

产地 Producing areas	可溶性糖 Soluble sugar	蔗糖 Sucrose	葡萄糖 Glucose	果糖 Fructose	还原糖 Reducing sugar	淀粉 Starch	粗纤维 Crude fiber
宁夏 Ningxia	6.13 a	22.22 a	18.09 a	16.07 a	1.04 a	1.18 b	44.63 a
河南 Henan	1.16 c	3.58 c	6.99 c	14.07 c	0.66 c	1.33 a	24.27 c
新疆 Xinjiang	5.54 b	3.74 b	15.94 b	14.87 b	0.93 b	0.52 c	37.93 b

注: 同列不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant differences ($P < 0.05$).

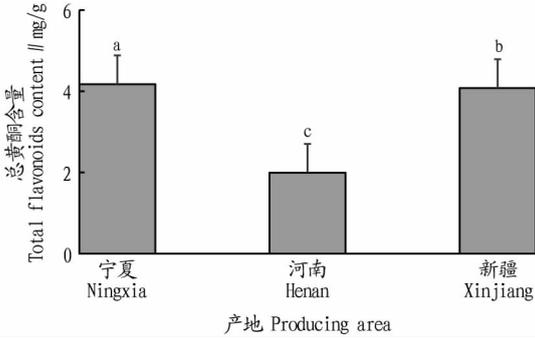


图 1 不同产地灰枣总黄酮含量比较

Fig. 1 Comparison of total flavonoids of grey jujube in different producing areas

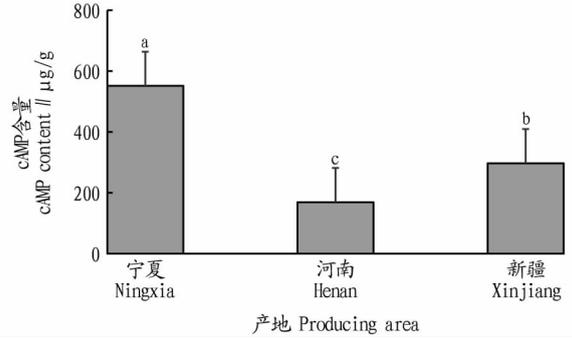


图 2 不同产地灰枣 cAMP 含量比较

Fig. 2 Comparison of cAMP content of grey jujube in different producing areas

2.4 不同产地灰枣果实品质综合评价

2.4.1 相关性分析。以单果重(Y_1)、可食部分(Y_2)、可食用率(Y_3)、可溶性糖含量(Y_4)、蔗糖含量(Y_5)、葡萄糖含量(Y_6)、果糖含量(Y_7)、还原糖含量(Y_8)、淀粉含量(Y_9)、粗纤维含量(Y_{10})、总黄酮含量(Y_{11})、cAMP 含量(Y_{12}) 12 个因子

作为因变量,以年日照时数(X_1)、光照强度(X_2)、昼夜温差(X_3) 3 个主要气候因子作为自变量,运用 SPSS 28.0 软件对不同产地灰枣果实品质指标和主要气候因子进行相关性分析,分析气候条件对果实品质的影响。由表 4 可知,年日照时数对果实品质影响很大,年日照时数与单果重、可食

表 4 灰枣果实品质指标与气候因子的相关性分析

Table 4 Correlation analysis between quality indicators of grey jujube fruit and climatic factors

因子 Factor	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6	Y_7	Y_8	Y_9	Y_{10}	Y_{11}	Y_{12}
Y_1	1											
Y_2	0.997 **	1										
Y_3	-0.512	-0.445	1									
Y_4	0.912 **	0.917 **	-0.398	1								
Y_5	0.674 *	0.624	-0.885 **	0.597	1							
Y_6	0.922 **	0.923 **	-0.458	0.997 **	0.655	1						
Y_7	0.867 **	0.837 **	-0.763 *	0.863 **	0.920 **	0.898 **	1					
Y_8	0.202	-0.035	-0.767 *	-0.121	0.713 *	-0.053	0.391	1				
Y_9	-0.384	-0.444	-0.466	-0.554	0.334	-0.491	-0.057	0.893 **	1			
Y_{10}	0.926 **	0.917 **	-0.563	0.976 **	0.758 *	0.989 **	0.952 **	0.090	-0.360	1		
Y_{11}	0.883 **	0.894 **	-0.330	0.996 **	0.539	0.988 **	0.824 **	-0.195	-0.609	0.957 **	1	
Y_{12}	0.843 **	0.811 **	-0.785 *	0.823 **	0.974 **	0.863 **	0.996 **	0.453	0.014	0.927 **	0.780 *	1
X_1	0.929 **	0.921 **	-0.552	0.979 **	0.749 *	0.991 **	0.947 **	0.075	-0.373	1.000 **	0.961 **	0.922 **
X_2	0.562	0.611	0.252	0.733 *	-0.107	0.680 *	0.289	-0.764 *	-0.971 **	0.567	0.777 *	0.218
X_3	0.617	0.658	0.149	0.796 *	0.007	0.750 *	0.395	-0.672 *	-0.920 **	0.649	0.836 **	0.323

注: * . 显著相关 ($P < 0.05$); ** . 极显著相关 ($P < 0.01$)。

Note: * . Significant correlation ($P < 0.05$); ** . Very significant correlation ($P < 0.01$).

部分、可溶性糖含量、蔗糖含量、葡萄糖含量、果糖含量、粗纤维含量、总黄酮含量、cAMP 含量呈显著或极显著正相关;光照强度和昼夜温差与可溶性糖含量、葡萄糖含量、总黄酮含

量也呈显著或极显著正相关,与日照时数相比对于果实品质影响较小。依据上述分析可以说明,宁夏中宁县和新疆且末县的日照时数较长,单果重较大,可食用部分较多,促使可溶

性糖含量、蔗糖含量、葡萄糖含量、果糖含量、粗纤维含量、总黄酮含量、cAMP 含量增加。

2.4.2 主成分分析。由表 4 可知,不同产地灰枣各品质性状之间具有一定相关性,通过主成分分析将 12 个指标降维为 2 个主成分。以 12 个主要性状指标为变量,应用 SPSS 28.0 统计软件进行主成分分析,最终得到不同产地灰枣品种的成分特征值、方差贡献率和累计方差贡献率(表 5)。运用主成分分析方法达到了降维目的,主成分 1 的特征值为 8.46,方差贡献率为 70.47%;主成分 2 的特征值为 3.17,方差贡献率为 26.41%。简化后 2 个主成分的特征值均大于 1,且累计方差贡献率达到 96.88%,是可以反映 90%以上信息。依据各成分特征向量(表 5),得到 2 个主成分的函数表达式:

$$F_1 = 0.95Y_1 + 0.93Y_2 - 0.65Y_3 + 0.95Y_4 + 0.82Y_5 + 0.97Y_6 + 0.97Y_7 + 0.19Y_8 - 0.27Y_9 + 0.99Y_{10} + 0.92Y_{11} - 0.96Y_{12}$$

$$F_2 = -0.15Y_1 - 0.22Y_2 - 0.69Y_3 - 0.31Y_4 + 0.57Y_5 - 0.24Y_6 + 0.21Y_7 + 0.98Y_8 + 0.96Y_9 - 0.10Y_{10} - 0.37Y_{11} + 0.28Y_{12}$$

将方差贡献率作为权重,依据主成分和所对应的权重求得主成分的综合得分模型为 $F = (70.47F_1 + 26.41F_2) \times 96.88$,某产地灰枣品质性状越好,综合得分越高。由表 6 可知,在不同产地种植的灰枣,综合评价结果为宁夏中宁>新疆且末>河南新郑。

表 5 主成分分析的特征向量、特征值、贡献率和累计方差贡献率

Table 5 Eigenvectors, eigenvalues, contribution rates and cumulative variance contribution rates of principal component analysis

变量 Variable	主成分 1 Principal component 1	主成分 2 Principal component 2
Y_1	0.95	-0.15
Y_2	0.93	-0.22
Y_3	-0.65	-0.69
Y_4	0.95	-0.31
Y_5	0.82	0.57
Y_6	0.97	-0.24
Y_7	0.97	0.21
Y_8	0.19	0.98
Y_9	-0.27	0.96
Y_{10}	0.99	-0.10
Y_{11}	0.92	-0.37
Y_{12}	0.96	0.28
特征值 Eigenvalue	8.46	3.17
方差贡献率 Variance contribution rate/%	70.47	26.41
累计方差贡献率 Accumulative variance contribution rate/%	70.47	96.88

3 讨论

枣既是一种重要的干果,又是一味广泛应用的中药^[16]。其中灰枣是栽培最为广泛的品种。该研究发现,栽培产地不同,灰枣的外在品质和主要活性成分存在不同程度差异。宁夏中宁县和新疆且末县的灰枣单果重较大,可食部分和果肉多,可溶性糖、蔗糖、葡萄糖、果糖、还原糖、粗纤维、总黄酮、cAMP 含量较高。相反,河南新郑单果小,枣核小,果肉少,可

食部分少,可溶性糖、蔗糖、葡萄糖、果糖、还原糖、粗纤维、总黄酮、cAMP 含量较低。

表 6 不同产地灰枣品质的综合评价结果

Table 6 Comprehensive evaluation results of grey jujube quality in different production areas

产区 Producing areas	得分 Score	排名 Ranking
宁夏 Ningxia	2.41	1
河南 Henan	-1.60	3
新疆 Xinjiang	-0.81	2

气候条件是影响灰枣果实品质的重要因素^[17-18]。日照时数对灰枣内在品质影响最大,日照时数越长,灰枣的可溶性糖、蔗糖、葡萄糖、果糖、粗纤维、总黄酮、cAMP 含量越高,反之较低;光照强度和昼夜温差越大,也会促使灰枣的可溶性糖、总黄酮、cAMP 含量增高。这与冯新光等^[19]报道的结果类似。此外,造成枣果实品质差异可能与年均气温、年降水量和土壤质地也有关。

4 结论

该研究选择 3 个不同产区的灰枣果实进行外观品质和功能营养成分的差异分析与评价,综合评价结果为宁夏中宁>新疆且末>河南新郑,果实品质对栽培环境条件较为敏感,依次是日照时数、光照强度、昼夜温差。

总之,西北地区日照时间长、光照强度高、昼夜温差大为生产优质灰枣奠定了生态基础,但果实品质特性与生态条件之间存在着复杂关系,有待进一步研究。

参考文献

- [1] BRUMMITT P K. Vascular plant families and genera[M]. Kew: Royal Botanic Gardens, 1992, 646-647.
- [2] 曲泽洲,王永蕙. 中国果树志:枣卷[M]. 北京: 中国林业出版社, 1993: 54-56.
- [3] 陈熹,李玉洁,杨庆,等. 大枣现代研究开发进展与展望[J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2015, 17(3): 687-691.
- [4] 刘世军,唐志书,崔春利,等. 大枣化学成分的研究进展[J]. 云南中医学院学报, 2015, 38(3): 96-100.
- [5] 郭盛,段金殿,钱大玮,等. 枣属植物化学成分研究进展[J]. 国际药学研究杂志, 2013, 40(6): 702-710.
- [6] 李飞,康礼玉,石磊. 新疆地区红枣生产的比较优势分析[J]. 安徽农业科学, 2020, 48(9): 237-239.
- [7] 赵晓梅,吴玉鹏,鲍立威,等. 产地对灰枣和骏枣品质和安全性影响[J]. 黑龙江农业科学, 2018(5): 50-55.
- [8] LI J W, FAN L P, DING S D, et al. Nutritional composition of five cultivars of Chinese jujube[J]. Food chemistry, 2007, 103(2): 454-460.
- [9] ZHANG H, JIANG L, YE S, et al. Systematic evaluation of antioxidant capacities of the ethanolic extract of different tissues of jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) from China[J]. Food chemical toxicology, 2010, 48(6): 1461-1465.
- [10] ZHANG G X, FU Q Q, FU Z T, et al. A comprehensive peach fruit quality evaluation method for grading and consumption[J]. Applied science, 2020, 10(4): 1-11.
- [11] GAO Q H, WU C S, WANG M. The jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) fruit: A review of current knowledge of fruit composition and health benefits[J]. Journal of agricultural and food chemistry, 2013, 61(14): 3351-3363.
- [12] 张艳红. 红枣中营养成分测定及质量评价[D]. 乌鲁木齐: 新疆大学, 2007.
- [13] 马莉,何宝国,江秀丽,等. 冬枣黄酮的超声波提取方法研究[J]. 青岛大学医学院学报, 2014, 50(1): 46-48.
- [14] 赵爱玲,李登科,王永康,等. 枣树不同品种、发育时期和器官的 cAMP 和 cGMP 含量研究[J]. 园艺学报, 2009, 36(8): 1134-1139.

2.3 4 种生物质秸秆酸碱度和电导率比较 酸碱度和电导率是原料发酵过程中的重要参数监控指标。4 种生物质秸秆的酸碱度和电导率数据如表 7 所示。由表 7 可知,大番茄秸秆、油菜秸秆和小番茄秸秆酸碱度分别为 5.7、5.3 和 5.3,相差不大;油麦秸秆更偏于中性,酸碱度为 6.6;4 种生物质秸秆的电导率在 292~1 159 mS/m,其中小番茄秸秆的电导率最大为 1 159 mS/m,油麦秸秆的电导率最小为 292 mS/m。

表 7 4 种生物质秸秆酸碱度和电导率数据

Table 7 Data of pH and conductivity of four biomass straws

序号 No.	秸秆种类 Straw	酸碱度 pH	电导率 Conductivity mS/m
1	大番茄秸秆	5.7	920
2	小番茄秸秆	5.3	1 159
3	油菜秸秆	5.3	567
4	油麦秸秆	6.6	292

2.4 4 种生物质秸秆产甲烷潜力(BMP)比较 接种物和 4 种生物质秸秆沼气累积产量曲线如图 1 所示,4 种生物质产甲烷潜力数据如表 8 所示。由图 1 和表 8 可知,4 种生物质秸秆产甲烷潜力在 124.77~214.86 mL/g VS。其中油麦秸秆产甲烷潜力最大,为 214.86 mL/g VS,这与物料的酸碱度分析和碳氮比分析是一致的;大番茄秸秆产甲烷潜力最小,为 124.77 mL/g VS。物料的产气周期一致,为 50 d。

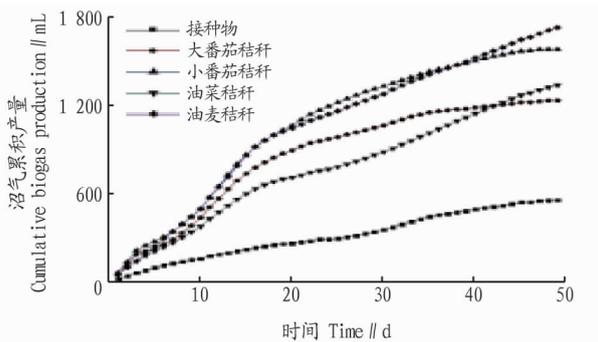


图 1 接种物和 4 种生物质秸秆沼气累积产量曲线

Fig. 1 Biogas cumulative yield curve of inoculum and four kinds of biomass straw

3 结论

以农村常见的大番茄秸秆、小番茄秸秆、油菜秸秆和油麦秸秆 4 种生物质秸秆作为研究对象,对秸秆的干物质、总

表 8 4 种生物质产甲烷潜力比较

Table 8 Comparison of methanogenic potential of four kinds of biomass

序号 No.	秸秆种类 Straw	产甲烷潜力 Methanogenic potential//mL/g VS
1	大番茄秸秆	124.77
2	小番茄秸秆	188.22
3	油菜秸秆	143.41
4	油麦秸秆	214.86

有机质含量、灰分、酸碱度、电导率、元素含量以及产甲烷潜力(BMP)指标进行综合评价分析。结果表明:4 种生物质秸秆总固体含量、总有机质含量相差不大,其中总固体含量范围在 88.0%~91.6%,总有机质含量范围在 79.2%~85.6%。4 种生物质秸秆碳元素含量在 34.7%~40.8%,氮元素含量在 0.83%~1.83%,碳氮比在 19.39~49.16;油麦秸秆的碳氮比更接近 30:1 的厌氧消化比例,在碳氮比这一参数上油麦秸秆作为沼气工程发酵原料更有优势。大番茄秸秆、油菜秸秆和小番茄秸秆酸碱度分别为 5.7、5.3 和 5.3,相差不大;油麦秸秆酸碱度为 6.6,更偏于中性。4 种生物质秸秆产甲烷潜力在 124.77~214.86 mL/g VS,产气周期为 50 d,其中油麦秸秆产甲烷潜力最大,为 214.86 mL/g VS。通过综合分析评价,油麦秸秆更适合作为沼气工程发酵原料。

参考文献

- [1] 张庭婷,李嘉薇,王双飞.几种生物质原料厌氧发酵制取沼气能量转换效率的比较[J].造纸科学与技术,2009,28(3):36-41.
- [2] 国家发展改革委,国家能源局,财政部,等.国家发展改革委 国家能源局 财政部 自然资源部 生态环境部 住房和城乡建设部 农业农村部 中国气象局 国家林业和草原局关于印发“十四五”可再生能源发展规划的通知:发改能源〔2021〕1445 号[EB/OL].(2021-10-21)[2022-04-25].http://zfxgk.nea.gov.cn/2021-10/21/c_131061148.htm.
- [3] 胡敏,于凤文,洪机剑,等.5 种生物质基本性质分析[J].西北林学院学报,2017,32(3):52-55.
- [4] 杨海燕,胡万里.玉米秸秆发酵和粪便发酵产气对比试验[J].中国沼气,2014,32(4):48-50.
- [5] 刘歆,王将旭,张莹,等.吉林省玉米秸秆综合利用研究[J].安徽农业科学,2020,48(23):263-264,267.
- [6] 查湘义.玉米秸秆资源化利用现状与进展[J].乡村科技,2018(8):116-117.
- [7] 殷雨洋,沈卫新,黄玉安,等.添加不同比例玉米秸秆对鲜芦笋秸秆青贮品质的影响[J].养殖与饲料,2022,21(3):16-17.
- [8] 李秋实,郭洋,刘彬,等.市政污泥与玉米秸秆混合高温厌氧发酵产甲烷研究[J].环境工程,2022,40(7):139-145.
- [9] 乔小珊.总固体浓度、碳氮比和水力停留时间对奶牛粪便厌氧发酵产气及其沼液性质的影响[D].重庆:西南大学,2014.
- [10] 崔宪,张乐平,孙辉,等.碳氮比对干黄秸秆贮存及后续甲烷产量的影响[J].农业工程学报,2019,35(23):250-257.
- [11] 张任,张鹏程,郭欢欢,等.气象因子对南疆地区骏枣果实品质的影响[J].中国农业科技导报,2018,20(7):113-122.
- [12] 丁胜华,王蓉蓉,单杨,等.不同品种枣果果实品质分析与评价[J].食品与机械,2016,32(2):31-36.
- [13] 冯新光,吕吉鸿,郭泽峰,等.中国不同产地红枣的组分分析与评价[J].中国酿造,2012,31(9):30-33.

(上接第 155 页)

- [15] 王向红,桑亚新,崔同,等.高效液相色谱法测定枣果中的环核苷酸[J].中国食品学报,2005,5(3):108-112.
- [16] 解玉军,李泽,崔小芳,等.酸枣化学成分及药理作用研究进展[J].中成药,2021,43(5):1269-1275.