

徐建霞,郑常祥,邵明波,等.不同玉米材料及生长期玉米须中总黄酮和多糖含量分析[J].江苏农业科学,2022,50(5):162-167.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.05.026

不同玉米材料及生长期玉米须中总黄酮和多糖含量分析

徐建霞,郑常祥,邵明波,沈佳奇,任艳,张春兰,周棱波,汪灿,张国兵

(贵州省农业科学院旱粮研究所,贵州贵阳 550006)

摘要:为了比较贵州不同材料玉米须总黄酮和多糖的含量,筛选出优质玉米须及对应的最佳采收时期,采用紫外分光光度法对贵州常用的 8 个骨干玉米材料的玉米须总黄酮和多糖含量分 3 个不同生长时期(吐丝未授粉期、灌浆期和成熟期)进行测定。结果表明,相同玉米材料不同生长期时,8 个材料总黄酮含量从未授粉期到成熟期整体呈逐渐降低的趋势,除 4 号材料在未授粉期和灌浆期时差异不显著外,其他材料均在未授粉期时显著高于其他 2 个生长时期($P < 0.05$);除 2 号、3 号和 5 号材料未授粉期与成熟期多糖含量无显著差异外,其他材料均在成熟期时显著低于未授粉期。不同材料相同生长期时,各个材料在同一生长期总黄酮和多糖含量都存在不同程度的差异。在未授粉期时,总黄酮含量最高的是 6 号材料,多糖含量最高的是 2 号材料;灌浆期时,5 号材料的总黄酮含量最高,但与 6 号材料含量差异不显著,此生长期时多糖含量最高的也是 2 号材料,但与 8 号材料之间含量差异不显著;成熟期时 5 号材料的总黄酮含量最高,多糖含量最高的还是 2 号材料。依据不同玉米材料玉米须 3 个生长时期总黄酮和多糖含量聚类分析和估算均值的综合结果,可将玉米须总黄酮和多糖含量分为低、中、高 3 个不同的含量水平,其中总黄酮含量较高的是 5 号和 6 号材料,多糖含量较高的是 2 号和 8 号材料。本研究结果对今后试验和应用优质材料的选择具有一定的指导意义,可以根据不同材料和不同生长时期之间总黄酮和多糖的含量差异是否显著,从相似材料中进行选择。

关键词:玉米须;生长期;总黄酮;多糖;聚类分析

中图分类号:R284.1;S513.01

文献标志码:A

文章编号:1002-1302(2022)05-0162-06

玉米须(stigma maydis)别称玉麦须,是我国传统的中草药和功能性食品,最早药用记载于 1476 年的《滇南本草》,后被 1985 年版《中华人民共和国卫生部药材标准》一部和 2010 年版《中国药典》中药一部收录^[1-2]。其味甘、淡,性平;国内大量中医药研究机构及美国食品药品监督管理局(FDA)均认为玉米须无毒、安全,对人体无害^[3],并含有多种活性物质^[4](多糖、 β -谷甾醇、黄酮、肌醇、尿囊素、皂苷、维生素、各种有机酸及少量生物碱等),对人体健康具有良好的促进作用。目前,国内外研究较多的玉米须提取物为黄酮和多糖,玉米须中已经分离出以母核木犀草素为主的 29 种黄酮单体化合物,这些化合物活性功能主要表现在降血糖、保护肝

脏^[5]、减少和清除体内自由基^[6]及亚硝酸盐^[7]、抗疲劳、抗衰老以及改善血液循环等方面^[8-9]。多糖类化合物作为玉米须营养成分中含量较高的功能因子,具有降血糖、降血压、抗肿瘤、调节免疫、保肝、抗氧化、改善胃肠道蠕动等多种药用功能^[10]。如张众一等通过玉米须多糖对糖尿病小鼠的研究表明,玉米须多糖可促进肝糖元的生成,降低糖尿病小鼠的空腹血糖(FPG)浓度,并可减轻造模药物及高血糖引起的肝损害,从而发挥护肝作用^[11];周鸿立等的研究表明,玉米须多糖具有清除羟自由基($\cdot\text{OH}$)、DPPH 自由基和超氧阴离子自由基($\text{O}_2^-\cdot$)的抗氧化能力^[12];由于玉米须具有较多的药用活性,现已在临床上被广泛应用于糖尿病、痛风、膀胱炎、前列腺炎、肾结石等疾病的治疗^[13]。

玉米须作为玉米收获后的副产物,具有价格低廉、来源广泛、易于收集等优点。据统计,2019 年我国玉米总产量为 2.6 亿 t,以此估算,玉米须产量至少有几百万吨,如此巨大的产量却除极少用于中医入药,用于食品及保健品工业生产方面的玉米须更是少之又少,造成了有效资源的极大浪费,充分利用好这一有效资源,拓展其在食品、保健品以及中药领域的应用,不但能减少优势资源的浪费,提高

收稿日期:2020-09-02

基金项目:贵州山地优势特色杂粮研发与转化服务企业能力建设项目[编号:黔科合服企(2018)4005];中央引导地方科技发展专项资金项目[编号:黔科中引地(2018)4003]。

作者简介:徐建霞(1988—),男,贵州毕节人,硕士,助理研究员,主要从事生态农业和农作物生理生化方面研究。E-mail:529438648@qq.com。

通信作者:郑常祥,博士,研究员,主要从事玉米遗传育种方面研究。E-mail:zhchangxiang@163.com。

玉米的经济附加值,还能产生应有的经济效益和社会效益。

目前,贵州甚至整个西南地区在玉米须相关方面的研究与开发鲜有报道。因此,本研究通过对贵州 8 个不同材料和生长期玉米须总黄酮和多糖含量的比较,旨在筛选出玉米须黄酮和多糖含量较高的玉米材料,确定适宜的玉米须采收时期,为贵州甚至整个西南地区废弃物中草药玉米须资源化利用提供理论基础,为优质玉米须原料筛选研发及加工提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 材料及仪器

1.1.1 试验材料 以贵州省农业科学院旱粮研究所自育的 8 个骨干玉米种子作为试验材料,分别是 1 号材料(WST)、2 号材料(AD22)、3 号材料(C171)、4 号材料(SEJ)、5 号材料(DC171)、6 号材料(1703)、7 号材料(D22)、8 号材料(WQJ)。

1.1.2 试验材料收集及处理 2019 年春在贵州省农业科学研究院试验基地开展田间试验,根据玉米的生长情况,将花丝期分为吐丝未授粉期、灌浆期和成熟期 3 个时期;每个时期分别采收玉米须材料,每个时期重复 3 次,采收样品自然晒干后除去表面杂物和灰尘,粉碎过 40 目筛,保存用于总黄酮和多糖含量的测定。

1.1.3 药品 芸香苷、葡萄糖(上海源叶生物科技有限公司);95% 乙醇、亚硝酸钠(NaNO_2)、硝酸铝 $[\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}]$ 、氢氧化钠(NaOH)、浓硫酸(质量分数 95%~98%)、苯酚(国药集团化学试剂有限

公司)、盐酸(莱阳康德化工有限公司),均为分析纯。

1.1.4 仪器 FA-1004 分析天平、FW-400A 型倾斜式高速万能粉碎机、恒温水浴锅、BR4I 离心机、紫外可见分光光度计等。

1.2 总黄酮和多糖含量的测定

总黄酮含量参照任顺成等提出的三氯化铝比色法^[1]测定;多糖含量参照钟世红等提出的苯酚-硫酸比色法^[14]测定。

1.3 数据统计与分析

利用 Microsoft Excel 2007 和 Origin 8.1 软件进行数据处理及制图,利用 SPSS 19.0 统计分析软件进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 同一玉米材料玉米须各生长期的总黄酮和多糖含量比较

各玉米材料玉米须在不同时期总黄酮及多糖含量的 Duncan 检验如表 1 所示。1~8 号材料玉米须总黄酮含量从未授粉期到成熟期整体呈逐渐降低的趋势,除 4 号材料未授粉期和灌浆期总黄酮含量差异不显著外,其余材料在未授粉期时总黄酮含量均显著高于其他 2 个时期($P<0.05$)。从总黄酮含量的降幅来看,2 号和 7 号材料的降幅最大,成熟期相对于未授粉期分别降低 95.2% 和 90.4%;3 号材料降幅最小,成熟期相对于未授粉期下降 54.4%;其他材料总黄酮含量的降幅在 70%~85% 之间。

表 1 同一材料玉米须各生长期的总黄酮和多糖含量比较 mg/g

材料编号	总黄酮含量			多糖含量		
	未授粉期	灌浆期	成熟期	未授粉期	灌浆期	成熟期
1	24.47 ± 1.15A	9.30 ± 0.45B	3.67 ± 0.15C	143.0 ± 4.6A	137.8 ± 5.1AB	130.2 ± 2.9B
2	35.73 ± 0.78A	4.70 ± 0.20B	1.72 ± 0.10C	164.4 ± 2.4A	164.2 ± 8.1A	161.2 ± 9.4A
3	9.83 ± 0.35A	6.67 ± 0.06B	4.48 ± 0.06C	150.9 ± 0.6A	146.8 ± 0.8B	149.9 ± 2.18A
4	3.77 ± 0.15A	2.86 ± 0.15A	0.73 ± 0.06B	159.5 ± 7.3A	153.1 ± 7.2A	139.2 ± 4.3B
5	38.80 ± 0.50A	12.72 ± 0.69B	8.53 ± 0.38C	131.6 ± 3.0A	130.8 ± 9.5A	129.3 ± 9.9A
6	41.53 ± 0.50A	12.53 ± 0.23B	6.63 ± 0.23C	157.4 ± 2.2A	147.2 ± 1.2B	146.9 ± 8.0B
7	36.51 ± 0.68A	6.67 ± 0.12B	3.50 ± 0.17C	130.3 ± 1.3A	129.8 ± 1.7A	121.3 ± 0.26B
8	7.33 ± 0.12A	2.17 ± 0.06B	1.10 ± 0.10C	162.1 ± 0.5A	159.8 ± 1.7AB	154.4 ± 2.3C

注:不同大写字母表示同一指标在不同生育期之间差异显著($P<0.05$)。

随着玉米生长时期的推进,玉米须多糖含量均呈现出逐渐降低的趋势,即玉米须在未授粉期时多

糖含量最高,在成熟期时含量最低。从多糖含量总体降幅来看,4 号和 1 号材料降幅最大,成熟期相对

于未授粉期分别降低 12.7% 和 9.0%;1 号和 8 号材料未授粉期与成熟期含量差异显著,但均与灌浆期含量差异不显著;6 号和 7 号材料未授粉期多糖含量虽与成熟期含量差异显著,但降幅不是太高,在 7% 左右;2 号和 5 号材料多糖含量虽呈下降趋势,但 3 个时期变化不大;3 号材料呈先降低后升高的趋势,但未授粉期多糖含量与成熟期含量差异不显著。综上,大部分材料在成熟期时的多糖含量与其他生长时期都存在显著差异,且含量低于其他时期。

2.2 同一生长期各玉米材料玉米须的总黄酮和多糖含量比较

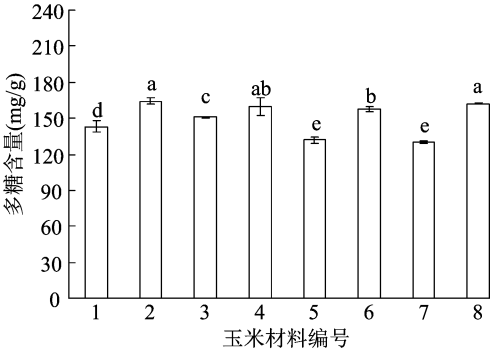
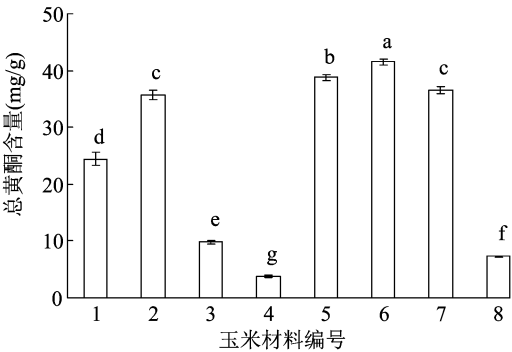
从表 2 可以看出,不同玉米材料玉米须未授粉

期总黄酮和多糖含量均存在极显著差异($P = 0.000 < 0.01$)。未授粉期不同玉米材料玉米须总黄酮含量结果如图 1-a 所示,6 号材料玉米须总黄酮含量显著高于其他材料,达到 41.53 mg/g;4 号材料含量最低,为 3.77 mg/g。除 2 号和 7 号材料之间没有显著差异外,其他材料之间均存在显著差异。

不同玉米材料玉米须未授粉期多糖含量分析(图 1-b)表明,2 号、8 号和 4 号、4 号和 6 号、5 号和 7 号材料没有显著差异,2 号、8 号多糖含量在该时期较高,分别为 164.4、162.1 mg/g,7 号材料含量最低(130.3 mg/g),其他材料的多糖含量在 140 ~ 160 mg/g 之间。

表 2 不同玉米材料玉米须未授粉期总黄酮和多糖含量方差分析

指标	变异来源	平方和 SS	自由度 <i>df</i>	均方 <i>MS</i>	<i>F</i> 值	<i>P</i> 值
总黄酮	组间	5 114.373	7	730.625	1 914.301	0.000
	组内	6.107	16	0.382		
	总数	5 120.480	23			
多糖	组间	3 930.306	7	561.472	24.895	0.000
	组内	360.853	16	22.553		
	总数	4291.160	23			



a. 总黄酮
b. 多糖
应用 Duncan 检验, 不同的小写字母表示各组在 $\alpha=0.05$ 时存在显著差异。图 2、图 3 同
图 1 未授粉期各玉米材料玉米须总黄酮和多糖含量变化

由表 3 可见,不同玉米材料玉米须灌浆期总黄酮和多糖含量均存在显著差异($P = 0.000 < 0.05$)。从图 2-a 可以看出,灌浆期 5 号材料的总黄酮含量最高(12.72 mg/g),8 号材料的含量最低(2.17 mg/g)。对该生长期玉米须总黄酮含量的检验分析得出,5 号和 6 号、3 号和 7 号、4 号和 8 号材料之间没有显著差异。

灌浆期玉米须多糖含量的分析结果(图 2-b)表明,2 号和 8 号、3 号和 6 号、5 号和 7 号材料不存在显著差异;该时期 2 号材料多糖含量最高(164.2 mg/g),而 7 号材料含量最低(129.8 mg/g),其他材料多糖含量在 130 ~ 160 mg/g 之间,相较于

未授粉期有所下降。

从表 4 可以看出,不同玉米材料玉米须成熟期总黄酮和多糖含量均存在显著差异($P = 0.000 < 0.05$)。由图 3-a 可知,成熟期 5 号材料的总黄酮含量最高(8.53 mg/g),其他品种的含量均在 8 mg/g 以下。该生长期玉米须总黄酮含量的 Duncan's 检验分析表明,除 1 号和 7 号材料之间没有显著差异外,其他材料之间均存在显著差异(图 3-a)。

由图 3-b 可知,在成熟期,2 号、8 号和 3 号、4 号和 6 号、1 号和 5 号材料玉米须多糖含量差异不显著,另外该时期 2 号材料多糖含量最高(161.2 mg/g),7 号材料含量最低(121.3 mg/g)。

表 3 不同材料玉米须灌浆期总黄酮和多糖含量方差分析

指标	变异来源	平方和 SS	自由度 <i>df</i>	均方 <i>MS</i>	<i>F</i> 值	<i>P</i> 值
总黄酮含量	组间	352.927	7	50.418	500.014	0.000
	组内	1.613	16	0.101		
	总数	354.540	23			
多糖含量	组间	3 609.303	7	515.615	8.120	0.000
	组内	1 015.953	16	63.497		
	总数	4 625.256	23			

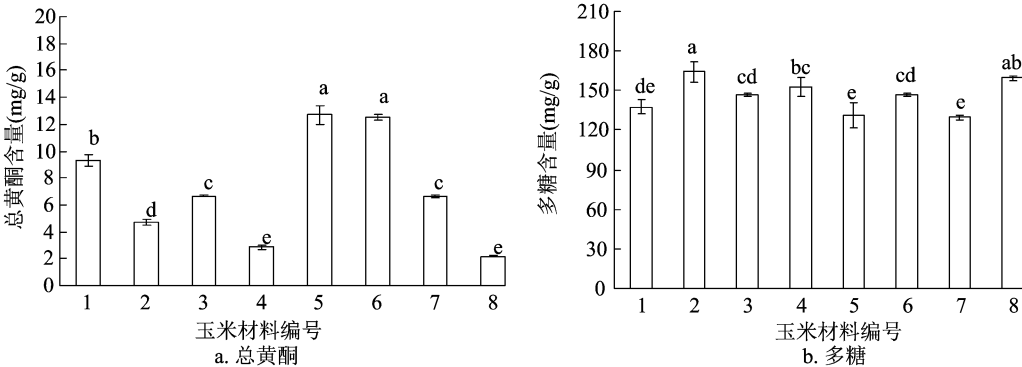


图2 灌浆期各玉米材料玉米须总黄酮和多糖含量变化

表 4 不同玉米材料玉米须成熟期总黄酮和多糖含量方差分析

指标	变异来源	平方和 SS	自由度 <i>df</i>	均方 <i>MS</i>	<i>F</i> 值	<i>P</i> 值
总黄酮含量	组间	156.265	7	22.324	645.501	0.000
	组内	0.553	16	0.035		
	总数	156.818	23			
多糖含量	组间	3 589.420	7	512.774	11.482	0.000
	组内	714.560	16	44.660		
	总数	4303.980	23			

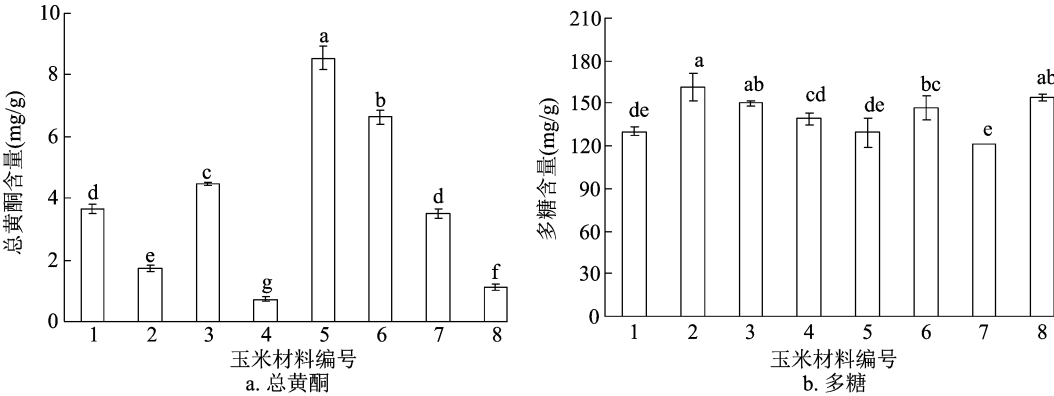


图3 成熟期各玉米材料玉米须总黄酮和多糖含量变化

2.3 不同材料玉米须总黄酮和多糖含量聚类分析

依据欧式距离进行组间平均聚类分析结果(图4),不同玉米材料玉米须总黄酮和多糖含量均可分为3组,代表3个不同的含量水平。结合重复测量方差分析不同玉米材料玉米须3个生长时期总黄酮和多糖含量估算均值的综合结果(图5),将含水量

平分为低、中、高,其中总黄酮含量为低含量的材料包括4号、8号和3号,中含量材料包括1号和2号,高含量材料包括5号、6号和7号。而多糖含量为低含量的材料包括5号、7号和1号,中含量材料包括4号、6号和3号,高含量材料包括2号和8号。

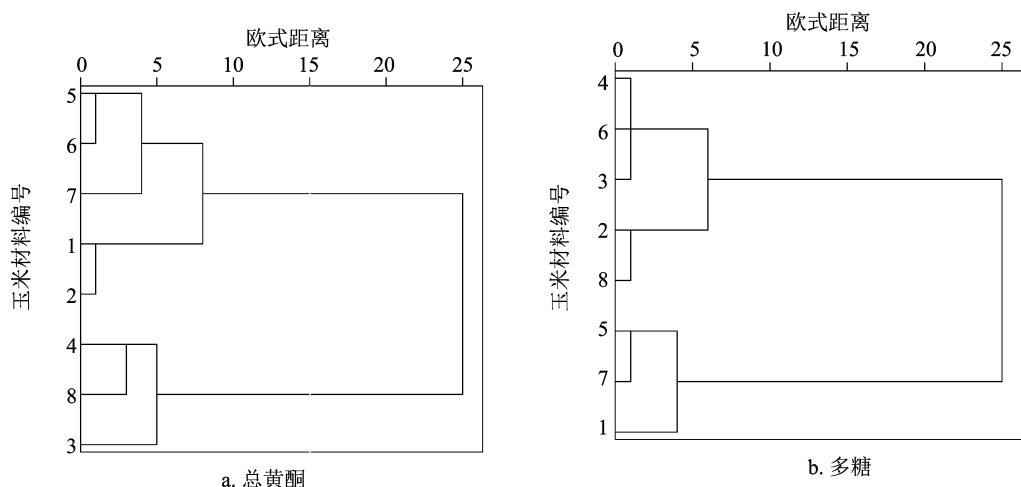


图4 不同玉米材料玉米须总黄酮和多糖含量平均聚类树状图

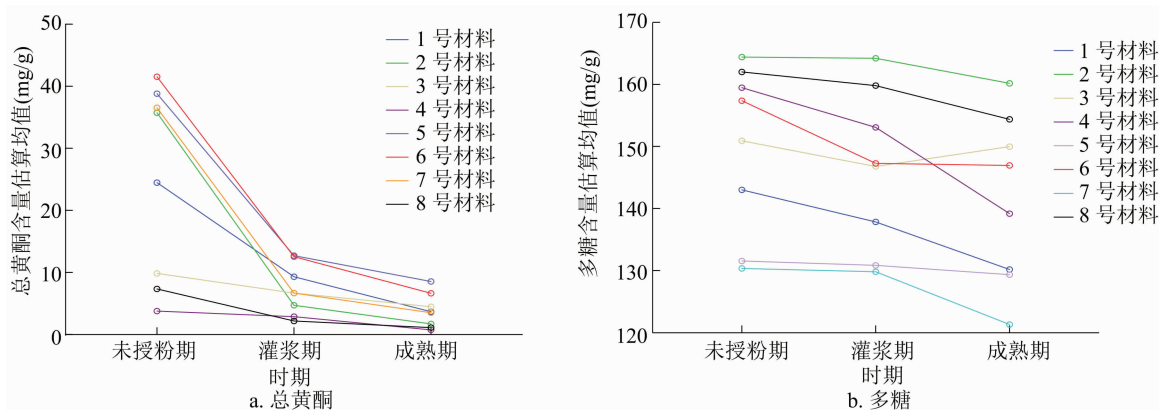


图5 不同玉米材料玉米须总黄酮和多糖含量估算均值

3 讨论与结论

本试验通过对贵州省不同玉米材料及玉米不同采收期玉米须总黄酮和多糖含量的研究发现,8个材料总黄酮含量从未授粉期到成熟期整体呈逐渐降低的趋势,除4号材料未授粉期和灌浆期总黄酮含量差异不显著外,其余材料在未授粉期时总黄酮含量均显著高于其他2个时期含量,与姚英政等对四川玉米须的研究结果^[15]和侯少平等对陕西玉米须的研究结果^[16]相一致。其原因可能是黄酮类化合物作为植物体内的一大类次生代谢产物,能抵御一定恶劣的生态环境以及动物和微生物等带来的危害^[17],玉米植株在未授粉期时为避免特定恶劣环境(如强光照的刺激)的伤害,会增加其黄酮类化合物合成量来防止紫外线对植物的伤害^[18],但随着玉米须授粉后成熟与衰亡,合成黄酮类化合物的几种关键酶[如肉桂酸-4-羟化酶(CA4H)、苯丙氨酸解氨酶(PAL)和4-香豆酸CoA的连接酶(4CL)]等酶的活性会逐渐降低,阻碍了黄酮类化合

物的合成^[17],所以玉米须总黄酮含量随着玉米的成熟和衰亡而降低。

对8个材料玉米须不同生长期多糖含量研究得出,除2号、3号和5号材料未授粉期多糖含量与成熟期含量差异不显著外,其余材料在成熟期时的多糖含量均显著低于未授粉期时的含量。整体变化趋势与朱宇等研究者对不同省份玉米须多糖的研究结果^[19-20]相似。其原因主要是多糖含量与花丝活力密切相关,未授粉期的玉米须此时正值花丝活力的高峰期;而授粉后花丝中多糖含量减少,一方面是由于花丝衰亡时呼吸消耗,另一方面则是供给花粉管的生长需求^[21]。

相关研究表明,不同玉米材料的玉米须化学成分含量存在差异,任顺成等对40个不同样品玉米须总黄酮含量研究得出,玉米须总黄酮含量随品种的不同而差异很大,从不足0.1%到3%以上^[1];黎剑等也证明了不同品种玉米须多糖含量存在较大差异^[22]。本研究对贵州省不同材料玉米须总黄酮和多糖含量的研究也得出了类似的结果,8个材料在

同一生长期时均表现出不同的差异,在未授粉期时总黄酮含量最高的材料是 6 号,多糖含量最高的材料是 2 号;灌浆期时 5 号材料的总黄酮含量最高,但与 6 号材料含量差异不显著,此生长期时多糖含量最高材料也是 2 号,但与 8 号材料之间含量差异不显著;成熟期 5 号材料的总黄酮含量最高,多糖含量最高材料还是 2 号。不同材料黄酮和多糖含量不同主要是因为植物体内次生代谢产物的代谢及分布除了受外界环境因素的影响外,更多的是从根本上受到基因等遗传因素的调控^[23]。依据不同玉米材料玉米须 3 个生长时期总黄酮和多糖含量聚类分析和估算均值的综合结果(图 4、图 5),可将玉米须总黄酮和多糖含量分为低、中、高等 3 个水平,其中总黄酮含量较高的材料为 5 号和 6 号,多糖含量较高的材料为 2 号和 8 号。所以在今后选择试验及应用材料时,可以此研究结果为依据,根据不同材料及时期含量差异是否显著从相似优质材料中选取。

黄酮类化合物和多糖类化合物是中草药玉米须的主要有效成分,也是玉米须产品品质高低标准的重要控制成分,其含量的差异将直接影响玉米须及其相关附产品的应用功效。因此,玉米须用于产品加工,既要筛选品质优异的材料,又要选择合适的采收时期。本研究结果为进一步筛选玉米须原料和选择采收时期提供了科学理论依据,具有一定的参考价值。

参考文献:

- [1]任顺成,丁霄霖.不同品种玉米须黄酮类含量研究[J].玉米科学,2007,15(6):135-137,139.
- [2]张海波.玉米须的生药学研究[D].开封:河南大学,2007.
- [3]USA Food and Drug Administration. Weight control drug products for over the counter human use, certain active ingredients[J]. Federal Register, 1991, 56(153):37792.
- [4]赵文竹,于志鹏,于一丁,等.玉米须多糖的研究进展[J].食品科学,2010,31(11):289-292.
- [5]王燕.玉米须总黄酮对四氯化碳诱使肝损伤的保护作用研究[J].现代中药研究与实践,2015,29(3):33-36.
- [6]吴亚楠,鲁晓翔,连喜军,等.玉米须黄酮清除自由基活性的研究[J].食品研究与开发,2009,30(1):5-8.
- [7]Liu J, Lin S Y, Wang Z Z, et al. Supercritical fluid extraction of flavonoids from maydis stigma and its nitrite - scavenging ability[J]. Food and Bioproducts Processing, 2011, 89(4):333-339.
- [8]陈书涵.玉米须多糖的物理化学性质及其生物活性的研究[D].天津:天津大学,2014.
- [9]谢春芹,杨鹤同,吴琴燕,等.桑黄黄酮、多糖高产优良菌株的筛选试验[J].江苏农业科学,2019,47(14):209-212.
- [10]徐建霞,郑常祥.玉米花丝黄酮和多糖类化合物的研究进展[J].农技服务,2018,35(4):38-39.
- [11]张众一,张淇,揭毅,等.玉米须多糖对糖尿病小鼠肝损伤及糖代谢的影响[J].山东大学学报(医学版),2018,56(5):52-57.
- [12]周鸿立,张硕,胡乐安,等.玉米须粗多糖体外抗氧化活性研究[J].食品研究与开发,2015,36(18):11-14.
- [13]Wang C N, Zhang T H, Liu J, et al. Subchronic toxicity study of corn silk with rats[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2011, 137(1):36-43.
- [14]钟世红,卫莹芳,古锐,等.苯酚-硫酸比色法测定红毛五加皮多糖的含量[J].时珍国医国药,2010,21(2):266-267.
- [15]姚英政,朱宇,何文铸,等.不同品种及生长期玉米须中总黄酮含量比较[J].食品科技,2012,37(5):154-158.
- [16]侯少平,侯敏娜.陕西兴平不同品种玉米须中总黄酮含量分析[J].陕西农业科学,2017,63(1):17-18.
- [17]诸姮,胡宏友,卢昌义,等.植物体内的黄酮类化合物代谢及其调控研究进展[J].厦门大学学报(自然科学版),2007,46(增刊1):136-143.
- [18]马兰青,师光禄,叶和春,等.植物类型Ⅲ聚酮合酶超家族基因结构、功能及代谢产物[J].生物工程学报,2010,26(11):1482-1492.
- [19]朱宇,姚英政,董玲,等.不同品种及生长期玉米须中多糖含量比较[J].食品科技,2013,38(2):183-187.
- [20]吴华,梁清,侯丽丽,等.不同品种玉米须多糖含量的比较[J].农机化研究,2008,30(8):121-123.
- [21]张丽华,李海军,王艳哲,等.玉米花丝和穗轴中可溶性糖、淀粉变化规律的研究[J].玉米科学,2005,13(2):64-67.
- [22]黎剑,姚英政,董玲,等.玉米须最佳采收时期研究[J].湖北农业科学,2016,55(9):2327-2329,2334.
- [23]Spitaler R, Schlorhauser P D, Ellmerer E P, et al. Altitudinal variation of secondary metabolite profiles in flowering heads of *Arnica montana* cv. ARBO[J]. Phytochemistry, 2006, 67(4):409-417.