

刘子记,刘维侠,朱 婕,等. 苦瓜 MAP30 蛋白研究现状及应用前景分析[J]. 江苏农业科学,2019,47(6):15-19.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.06.004

苦瓜 MAP30 蛋白研究现状及应用前景分析

刘子记¹, 刘维侠¹, 朱 婕², 牛 玉¹, 杨 衍¹

(1. 中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所/农业部华南作物基因资源与种质创制重点开放实验室,海南儋州 571737;

2. 海南大学热带农林学院,海南海口 570228)

摘要:苦瓜 MAP30 蛋白属于 I 型核糖体失活蛋白,具有广谱的抗病毒、抗肿瘤活性,并且具有良好的特异性,对正常细胞无毒副作用。总结了 MAP30 蛋白结构、抗病毒活性、抗肿瘤活性及相关机制,并对其应用前景进行了分析,为进一步深入研究 MAP30 蛋白抗病毒、抗肿瘤机制及开发相关药物提供科学依据和理论基础。

关键词:苦瓜;核糖体失活蛋白;MAP30;抗病毒;抗肿瘤;现状;应用前景

中图分类号: S642.501 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)06-0015-04

苦瓜(*Momordica charantia* L.)起源于非洲,属于葫芦科(Cucurbitaceae)苦瓜属(*Momordica*)藤蔓性 1 年生草本植物,广泛分布于热带、亚热带和温带地区^[1-2]。据《本草纲目》记载,苦瓜“苦寒、无毒、除邪热、解劳乏、清心明目、益气壮阳”。苦瓜作为药食同源植物,一方面富含维生素 C、维生素 E 及多种矿物质,营养价值很高;另一方面苦瓜所含的药理活性成分具有抗肿瘤、消炎和增强人体免疫力等多种功效^[3-5]。

核糖体失活蛋白(ribosome-inactivating proteins, RIPs)是一类主要存在于植物中具有 RNA N-糖苷酶活性^[6-7]、RNA 水解酶活性^[8]、DNA 酶活性^[9]的毒蛋白,RIPs 通过作用于核糖体大亚基 28S rRNA,破坏核糖体结构,进而抑制蛋白质的合成,最终引发细胞凋亡^[10-11]。RIPs 包括 3 种类型^[12-13]: I 型 RIPs 为单肽链碱性蛋白,分子量约为 30 ku, II 型 RIPs 是由具有植物凝集素活性的 B 链和具有 RNA N-糖苷酶活性的 A 链通过二硫键连接的双链蛋白,分子量约为 60 ku, II 型 RIPs 由具有 RNA N-糖苷酶活性的 N 端结构域和 1 个未知功能的 C 端结构域组成^[14]。葫芦科、石竹科(Caryophyllaceae)、大戟科(Euphorbiaceae)和百合科(Liliaceae)植物中都含有丰富的 RIPs^[15],其中苦瓜核糖体失活蛋白具有显著的抗菌^[16]、抗病毒^[17]和抗肿瘤活性^[18],受到人们的广泛关注。苦瓜中已发现的 RIPs 主要有 α - 苦瓜素、 β - 苦瓜素和 MAP30 蛋白(momordica anti-HIV protein of 30KD)等,均属于 I 型 RIPs。MAP30 蛋白不但具有抗病毒^[19]和抗肿瘤^[20]等多种生物学活性,而且具有良好的特异性,只对病毒感染的细胞或肿瘤细胞起作用,对正常细胞无毒副作用,这些独特的优势显示了巨大的临床应用价值^[21-22]。笔者

总结了国内外研究者对苦瓜 MAP30 蛋白结构、抗病毒活性、抗肿瘤活性及相关机制的研究进展,并对其应用前景进行了分析,以期为进一步阐明 MAP30 蛋白抗病毒、抗肿瘤机制及开发相关药物提供科学依据和理论基础。

1 MAP30 蛋白结构

MAP30 基因长 861 bp,不含内含子,编码 286 个氨基酸,包括 N 端 23 个氨基酸组成的信号肽及由 263 个氨基酸组成的成熟 MAP30 蛋白,属于分泌蛋白^[19]。MAP30 蛋白分子式为 $C_{1468}H_{2306}N_{372}O_{423}S_4$,相对分子量 30 ku,理论等电点 pI 为 9.08,负电荷残基(天冬氨酸+谷氨酸)为 24 个,正电荷残基(精氨酸+赖氨酸)为 29 个,属于稳定蛋白,51~53 个位点天冬酰氨-亮氨酸-苏氨酸残基是 N 连接糖基化位点,MAP30 蛋白虽不含半胱氨酸残基,但是含有特定的色氨酸 190 和蛋氨酸 254 残基^[23]。MAP30 2 级结构包括 8 个 α -螺旋和 9 个 β -折叠,其中 N 端富含 β -折叠,C 端富含 α -螺旋,C 端最后 20 个氨基酸残基具有高度灵活性,不具常规 2 级结构,该结构可能在 MAP30 蛋白高级结构中起过渡作用^[24-25]。

2 MAP30 蛋白抗病毒活性研究现状及作用机制

MAP30 蛋白以病毒感染细胞及病毒本身作为攻击靶点,这就决定了 MAP30 蛋白抗病毒的广谱性。除抗 HIV(human immunodeficiency virus, HIV)外,其对单纯疱疹病毒(herpes simplex virus, HSV)^[26]、乙肝病毒(hepatitis B virus, HBV)^[27]等均有明显的抑制作用。

Lee-Huang 等首次从苦瓜中分离纯化了 MAP30 蛋白并对其药理活性进行了研究^[19],结果表明,MAP30 不但抑制 HIV 初始感染,而且可抑制病毒颗粒释放和病毒 DNA 在细胞间传播。以 H9 细胞株作指示细胞,检测核心抗原 P24 蛋白的表达和病毒逆转录酶活性,结果发现,随着 MAP30 浓度的提高,对 P24 表达的抑制作用增强,当浓度提高至 33.4 nmol/L 时,P24 的表达受到完全抑制。MAP30 对 HIV 反转录活性抑制作用的试验结果表明,与对照组相比,当 MAP30 浓度为 0.334、3.34、33.4、334 nmol/L 时,HIV 的反转录活性减少到 52%、25%、13%、6%,在同样的试验条件下并

收稿日期:2017-10-13

基金项目:中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(编号:1630032014019、1630032015015、1630032016019);国家自然科学基金(编号:31601758);海南省重点研发计划科技合作方向项目(编号:ZDYF2016225)。

作者简介:刘子记(1982—),男,博士,副研究员,主要从事蔬菜分子生物学及遗传育种研究。E-mail:liuziji1982@163.com。

通信作者:杨 衍,博士,研究员,主要从事蔬菜遗传育种研究。E-mail:catasvegetable@126.com。

未观察到细胞毒副作用。该项研究表明,MAP30 既可抑制感染过程,还可抑制病毒的复制与表达。Lee - Huang 等研究发现,重组表达 MAP30 蛋白同样具有抑制病毒整合酶和致使病毒 DNA 拓扑失活性^[23]。王临旭等研究了 MAP30、无环鸟苷(acyclic guanosine, ACV)对 HSV 的体外抑制作用,试验结果表明,MAP30 和 ACV 均可减轻 HSV 致细胞病变效应,并且 MAP30 的 IC₅₀抑制浓度明显低于 ACV^[28]。另外相关研究表明,MAP30 对 ACV 的耐药株同样具有明显的抑制作用,其抗病毒活性比 ACV 高 100 倍甚至 1 000 倍^[26]。王九平等以 HBV DNA 转染的人肝癌细胞株(HepG2. 2. 15)为靶细胞,探讨了 MAP30 体外抗 HBV 的作用,研究结果表明 MAP30 能抑制共价环状闭合 DNA 及 HBV 复制中间体,并未发现 MAP30 对细胞有毒副作用^[29]。Fan 等研究发现,MAP30 蛋白能够抑制 HBV DNA 的复制和乙肝表面抗原(hepatitis bs antigen, HBsAg)分泌,MAP30 蛋白对 HBV DNA、HBsAg 和乙型肝炎 E 抗原(hepatitis be antigen, HBeAg)的抑制率存在显著的剂量效应,低剂量的 MAP30 蛋白(8 μg/mL)便可抑制 HBsAg 和 HBeAg 的表达^[27]。王临旭等证实了 MAP30 蛋白具有体外抗 HBV 的作用^[30-31]。

目前认为 MAP30 蛋白抗病毒的作用机制包括以下几点:(1)选择性进入病毒感染细胞,发挥 rRNA N - 糖苷酶活性,作用于 28S rRNA 核苷酸残基位点,即 A⁴³²⁴或 G⁴³²³,从而解开 A⁴³²⁴或 G⁴³²³位置核糖和嘌呤间的糖苷键,非特异性地使宿主细胞核糖体失活,从而干扰合成病毒复制所需要的酶及蛋白质,抑制病毒复制,最终引起细胞死亡,病毒也被杀死^[32]。(2)病毒基因的整合和表达须要具有拓扑活性结构的 DNA 或 RNA 分子,MAP30 蛋白能够发挥 DNA(RNA)糖苷酶/脱嘌呤裂解酶的活性,直接作用于病毒 DNA、RNA 分子,使超螺旋结构变成缺口环状或线状的解螺旋状态,致使拓扑失活,催化双链断裂,进而使病毒丧失复制、转录功能,抑制其整合和表达^[24,33]。(3)MAP30 蛋白具有抑制整合酶的活性^[34]。MAP30 对整合酶催化的 DNA 3'末端加工、链转移和去整合 3 个步骤都有明显抑制作用,通过 3 个方面的活性发挥抑制整合酶的作用。另外,MAP30 蛋白可作用于 HIV 特异的 DNA 长末端重复序列(LTR),通过封闭 LTR 的 U3 和 U5 区使其成为整合酶的非适合底物,间接导致整合酶失活^[33]。其中(2)和(3)是 MAP30 蛋白抗病毒的主要作用机制^[19]。

3 MAP30 蛋白抗肿瘤活性研究现状及作用机制

相关研究指出,使用天然产物并结合合理膳食,可以降低肿瘤的发生风险。目前已报道的具有抗癌作用的天然活性物质包括谷物、蔬菜以及部分传统中药材提取物。苦瓜在中国、印度和斯里兰卡等国传统医学中一直被用于治疗多种疾病^[35]。由于苦瓜 MAP30 蛋白抗肿瘤活性强、毒性低,已成为近年来抗癌研究的热点。

Lee - Huang 等研究证实,MAP30 在体内外都有抗人乳腺癌肿瘤的效果,乳腺癌细胞抗原 HER2 的表达受到显著影响,采用 MAP30 处理肿瘤细胞 MDA - MB - 231,肿瘤细胞的增殖受到明显的抑制^[20]。李春阳等研究发现,MAP30 对胃癌细胞 SGC7901 有明显的抑制增殖作用,采用 MAP30 处理后的 SGC7901 细胞呈现典型的凋亡形态并使其 DNA 含量改

变^[36]。林育泉等研究发现,MAP30 对小鼠 S - 180 肿瘤细胞株较敏感,随着处理浓度增加,肿瘤细胞呈现典型的细胞凋亡形态^[37]。Fan 等研究证实,MAP30 能有效抑制大肠癌 LoVo 细胞增殖,并存在时间和浓度的依赖性,凋亡蛋白 Bax 的转录和表达水平呈上调趋势,抗凋亡蛋白 Bcl - 2 的转录和表达水平呈下调趋势^[38]。樊剑鸣等研究表明,MAP30 蛋白能够诱发胃腺癌细胞 MCG803 的凋亡^[39],MAP30 蛋白对大肠癌 LoVo 细胞体外生长具有抑制作用^[40]。韩晓红等研究发现,MAP30 蛋白可以诱导食管癌细胞株 EC - 1. 71 凋亡^[41]。邓珣等研究证实,MAP30 对肺腺癌细胞 A549 增殖有明显的抑制作用^[42]。何义国等的研究结果显示,MAP30 蛋白对小鼠黑色素瘤、人宫颈癌细胞和人表皮癌细胞均表现出抑制作用^[43]。邱华丽等研究结果表明,MAP30 蛋白体外可诱导人乳腺癌 MCF - 7 细胞发生凋亡^[44]。

目前认为 MAP30 蛋白抗肿瘤作用机制包括以下几点:(1)抑制核糖体活性。MAP30 作为 RIP,具有 N - 糖苷酶活性,能使核糖体 28S rRNA 的 A⁴³²⁴或 G⁴³²³脱去 1 个 A,导致核糖体失去活性,抑制肿瘤细胞蛋白合成,从而抑制肿瘤生长,也可作用于超螺旋 DNA 或 RNA 分子,使其松弛断裂拓扑失活,影响肿瘤 DNA 的复制与转录。(2)诱导细胞凋亡。Fan 等研究表明,MAP30 能够诱导大肠癌 LoVo 细胞凋亡^[38]。Sun 等利用基因芯片分析表明,MAP30 通过上调与细胞凋亡相关基因的表达,从而诱导肿瘤细胞凋亡^[45]。(3)下调与肿瘤细胞增殖相关的基因。Sun 等利用基因芯片技术发现,MAP30 可有效下调一些在肿瘤细胞增殖和膨大中起作用的基因,从而抑制肿瘤细胞的生长^[45]。(4)抑制基质金属蛋白酶活性及表达,从而抑制肿瘤细胞的转移和侵袭。(5)调节白细胞介素 - 6 及肿瘤坏死因子等细胞因子的表达水平。(6)可致黏附分子 CD54 表达上调,使细胞黏附性发生改变,从而导致肿瘤细胞凋亡^[46]。另外,MAP30 诱导 K562 细胞凋亡还涉及到下调 Bcl - 2 基因表达,调控 p53 基因表达^[47-48]。(7)MAP30 蛋白对肿瘤细胞的毒性远高于正常细胞,说明 MAP30 对这 2 种细胞存在不同的细胞信号途径,因此对 MAP30 作用于肿瘤细胞的信号途径仍须要进一步研究。

4 MAP30 蛋白应用前景分析

病毒感染和恶性肿瘤是严重危害人类健康的 2 类疾病。传统的抗病毒、抗肿瘤类药物主要是一些逆转录酶或蛋白酶抑制剂,不但生产成本低、价格昂贵,而且作用途径单一,具有不能完全清除体内病毒、广谱性差、容易产生耐药性、缺乏良好的特异性及严重的毒副作用等缺点。

从传统中药和植物资源中寻找新的抗病毒、抗肿瘤药物是今后一个重要的发展方向。从葫芦科(Cucurbitaceae)植物栝楼(*trichosanthes kirilowii*)的块根中提取的天花粉蛋白(Trichosanthin, TCS)^[49]、从丝瓜(*Luffa cylindrica*)种子中提取的丝瓜蛋白^[50]以及从大戟科(Euphorbiaceae)多花白树[*Suregada glomerulata* (BL.)]种子中提取的 GAP31 蛋白^[51]等,都具有较好的抗病毒、抗肿瘤等活性。相关研究表明,MAP30 蛋白具有抗病毒、抗菌、抗肿瘤活性,具有比 TCS 更高效、安全的抗病毒活性^[52],MAP30 蛋白对多种类型病毒感染的细胞、肿瘤细胞非常有效,诱导其凋亡,而对未感染的正常

细胞,包括 T-细胞、巨噬细胞、单核细胞、精子细胞、皮肤细胞和胚胎细胞等均无毒性^[53-54],亦不产生耐药性,克服了传统抗病毒、抗肿瘤类药物具有的缺点,是一种新型抗肿瘤、抗病毒候选药物,具有良好的研究与应用前景。

MAP30 蛋白是一种非常有效的抗病毒、抗肿瘤植物成分,但苦瓜果实和种子中 MAP30 含量少且分离纯化工艺步骤、效率不高,随着基因工程和分子生物学研究的发展,利用基因工程方法生产 MAP30 重组蛋白将成为必然的发展方向,具有一定的优势。以往研究在 MAP30 蛋白的结构、药理作用和机理方面进行了大量的试验。同时,也尝试在不同生物中表达 MAP30 蛋白,以期得到具有良好药用价值的生物活性蛋白。国内外学者已经在相应的表达体系中对 MAP30 基因进行了表达研究,获得的重组 MAP30 蛋白同样具有抗病毒、抗肿瘤和抗菌活性。Lee-Huang 等采用原核生物表达 MAP30 蛋白,活性分析表明重组 MAP30 蛋白对细胞瘤、乳腺癌、肝癌、黑色素瘤、骨髓瘤和神经母细胞瘤均具有明显抑制作用^[23]。Arazi 等研究证实,采用南瓜黄化病毒载体生产的重组 MAP30 蛋白同样具有抗病毒、抗肿瘤活性^[55]。

尽管 MAP30 基因已成功在原核生物中表达,但与天然的 MAP30 蛋白相比,其活性存在一定的差距。樊剑鸣等研究证实,采用毕赤酵母表达的重组 MAP30 蛋白对人胃癌细胞具有明显的抑制作用,且呈剂量依赖性,IC₅₀ 为 30 μg/mL^[39]。而李春阳等提取的天然 MAP30 对胃癌细胞的 IC₅₀ 为 18 μg/mL^[36],进一步说明重组 MAP30 比天然提取的蛋白活性稍低。而与林育泉等运用大肠杆菌表达的重组 MAP30^[37]相比,毕赤酵母表达的重组 MAP30 活性明显偏高。因此在将来的研究中可以通过多渠道开展 MAP30 蛋白表达试验,探索最佳表达系统,并将其开发成为具有自主知识产权的一类抗病毒、抗肿瘤新药,用于临床治疗和日常保健,具有显著的应用前景,同时也可以为同类药物蛋白的研发提供理论与试验基础。另外,由于 MAP30 不同酶解片段具有不同的生物活性^[56],因此将具有相应活性的片段构建成具有导向杀伤力的药物将是 MAP30 在医药领域应用的一个崭新方向。

MAP30 蛋白能够以病毒感染的细胞及病毒本身作为攻击靶点,特异抑制受病毒感染的细胞和肿瘤转化细胞,抑制效果在一定范围内具有剂量和时效依赖关系,但 MAP30 不能进入正常细胞,不能诱导正常二倍体细胞凋亡,可能由于肿瘤细胞和病毒感染细胞对 MAP30 的通透性加大,这也许与细胞膜性质变化有关,另外 MAP30 蛋白识别肿瘤细胞和病毒感染细胞的具体机制尚待研究。MAP30 对正常细胞毒性很小,这表明 MAP30 在病毒感染细胞、肿瘤转化细胞与正常细胞之间发挥凋亡作用存在着不同的信号转导途径、基因调控方式等。继续深入研究 MAP30 蛋白结构与功能的关系,明确抗病毒、抗肿瘤作用机理,进而开发新型抗病毒、抗肿瘤药物制剂,必将产生良好的社会效益和经济效益。

5 结语

苦瓜作为一种优质的药食兼用的食品加工资源,无论在医药、保健食品、食品加工业等方面都有非常广泛的应用前景。MAP30 蛋白主要针对底物保守区域发挥作用,通过多途径、多层次发挥抗病毒和抗肿瘤功能,不易产生耐药性,并且

对耐药性菌株也非常有效,具有高效、安全等特点,显示出巨大的潜在临床应用价值,备受各国科学家的广泛关注,随着研究的进一步深入,MAP30 蛋白的应用前景将会更加广阔。伴随经济的发展和人们生活水平的提高,全民健康意识和保健意识逐步加强,苦瓜产业必将获得更大的发展。

参考文献:

- [1] Fang E F, Ng T B. Bitter gourd (*Momordica charantia*) is a cornucopia of health: a review of its credited antidiabetic, anti-HIV, and antitumor properties[J]. *Current Molecular Medicine*, 2011, 11 (5): 417-436.
- [2] Schaefer H, Renner S S. A three-genome phylogeny of *Momordica* (Cucurbitaceae) suggests seven returns from dioecy to monoecy and recent long-distance dispersal to Asia[J]. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 2010, 54(2): 553-560.
- [3] Cao D, Sun Y, Wang L, et al. Alpha-momorcharin (α -MMC) exerts effective anti-human breast tumor activities but has a narrow therapeutic window *in vivo*[J]. *Fitoterapia*, 2015, 100: 139-149.
- [4] Ciou S Y, Hsu C C, Kuo Y H, et al. Effect of wild bitter gourd treatment on inflammatory responses in BALB/c mice with sepsis[J]. *Biomedicine*, 2014, 4(3): 17.
- [5] Deng Y Y, Yi Y, Zhang L F, et al. Immunomodulatory activity and partial characterisation of polysaccharides from *Momordica charantia* [J]. *Molecules*, 2014, 19(9): 13432-13447.
- [6] Barbieri L, Battelli M G, Stirpe F. Ribosome-inactivating proteins from plants[J]. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1993, 1154(3/4): 237-282.
- [7] Wang S Z, Zhang Y B, Liu H G, et al. Molecular cloning and functional analysis of a recombinant ribosome-inactivating protein (α -momorcharin) from *Momordica charantia* [J]. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2012, 96(4): 939-950.
- [8] Mock J W, Ng T B, Wong R N. Demonstration of ribonuclease activity in the plant ribosome-inactivating proteins α - and β -momorcharins[J]. *Life Science*, 1996, 59(22): 1853-1859.
- [9] Thomas T M, Yeung H W, Fong W P. Deoxyribonucleolytic activity of α - and β -momorcharins [J]. *Life Sciences*, 1992, 51(17): 1347-1353.
- [10] Endo Y, Tsurugi K. RNA N-glycosidase activity of ricin A-chain. Mechanism of action of the toxic lectin ricin on eukaryotic ribosomes[J]. *Journal of Biological Chemistry*, 1987, 262(17): 8128-8130.
- [11] Stirpe F, Olsnes S, Pihl A. Gelonin, a new inhibitor of protein synthesis, nontoxic to intact cells. Isolation, characterization, and preparation of cytotoxic complexes with concanavalin[J]. *Journal of Biological Chemistry*, 1980, 255(14): 6947-6953.
- [12] Peumans W J, Hao Q, Damme E J V. Ribosome-inactivating proteins from plants: more than RNA N-glycosidases[J]. *FASEB Journal*, 2001, 15(9): 1493-1506.
- [13] de Virgilio M, Lombardi A, Caliendo R, et al. Ribosome inactivating proteins: from plant defense to tumor attack [J]. *Toxins*, 2010, 2(11): 2699-2737.
- [14] 安冉, 孙素荣. 核糖体失活蛋白在生物医学方面的应用研究进展[J]. *疾病预防控制通报*, 2011, 26(4): 87-89.
- [15] 冷波, 吴宇, 谭诗珂. 苦瓜籽 MAP30 酶活性试验研究[J].

- 药物生物技术,2016,23(1):52-54.
- [16] Liaw C C, Huang H C, Hsiao P C, et al. 5β ,19-epoxycucurbitane triterpenoids from *Momordica charantia* and their anti-inflammatory and cytotoxic activity[J]. *Planta Medica*,2015,81(1):62-70.
 - [17] Zhu F, Zhang P, Meng Y F, et al. Alpha-momorcharin, a RIP produced by bitter melon, enhances defense response in tobacco plants against diverse plant viruses and shows antifungal activity *in vitro*[J]. *Planta*,2013,237(1):77-88.
 - [18] Manoharan G, Jaiswal S R, Singh J, et al. Effect of α , β momorcharin on viability, caspase activity, cytochrome c release and on cytosolic calcium levels in different cancer cell lines[J]. *Molecular & Cellular Biochemistry*,2014,388(1/2):233-240.
 - [19] Lee-Huang S, Huang P L, Nara P L, et al. MAP30: a new inhibitor of HIV infection and replication[J]. *FEBS Letters*,1990,272(1/2):12-18.
 - [20] Lee-Huang S, Huang P L, Sun Y, et al. Inhibition of MDA-MB-231 human breast tumor xenografts and HER2 expression by antitumor agents and MAP30[J]. *Anticancer Res*,2000,20(2A):653-659.
 - [21] 栾杰,陈秀玲,侯莉华,等. MAP30 基因转化烟草的研究[J]. 东北农业大学学报,2012,43(7):109-112.
 - [22] 黄河,邵世和,韩晓红,等. 苦瓜 MAP30 基因的克隆表达及对 BGC-823 细胞形态的影响[J]. 江苏大学学报,2010,20(2):136-140.
 - [23] Lee-Huang S, Huang P L, Chen H C, et al. Anti-HIV and anti-tumor activities of recombinant MAP30 from bitter melon[J]. *Gene*,1995,161(2):151-156.
 - [24] Wang Y X, Jacob J, Wingfield P T, et al. Anti-HIV and antitumor protein MAP30, a 30 kDa single-strand type-I RIP, shares similar secondary structure and beta-sheet topology with the A chain of ricin, a type-II RIP[J]. *Protein Science*,2000,9(1):138.
 - [25] 刘思,林育泉,周鹏,等. 苦瓜 MAP30 蛋白功能区缺失体构建及其生物活性研究[J]. 药物生物技术,2007,14(6):391-396.
 - [26] Bourinbaia A S, Lee-Huang S. The activity of plant-derived antiretroviral proteins MAP30 and GAP31 against herpes simplex virus infection *in vitro*[J]. *Biochemical and Biophysical Research Communications*,1996,219(3):923-929.
 - [27] Fan J M, Zhang Q, Xu J, et al. Inhibition on hepatitis B virus *in vitro* of recombinant MAP30 from bitter melon[J]. *Molecular Biology Reports*,2009,36(2):381-388.
 - [28] 王临旭,孙永涛,杨为松,等. 抗 HIV 植物蛋白 MAP30 等药物的体外抗单纯疱疹病毒作用[J]. 医学研究生学报,2003,16(4):244-247.
 - [29] 王九平,孙永涛,白雪帆,等. MAP30 抗乙型肝炎病毒的体外实验[J]. 第四军医大学学报,2003,24(9):837-839.
 - [30] 王临旭,孙永涛,杨为松,等. 植物蛋白 MAP30 等药物抗 HBV 的体外实验[J]. 第四军医大学学报,2003,24(9):840.
 - [31] Courtney A, Schreiber M D, Livia W M D, et al. The antiviral agents, MAP30 and GAP31, are not toxic to human spermatozoa and may be useful in preventing the sexual transmission of human immunodeficiency virus type 1[J]. *Fertility and Sterility*,1999,72(4):686-690.
 - [32] Barbieri L, Gorini P, Valbonesi P, et al. Unexpected activity of saporins[J]. *Nature*,1994,372(6507):624.
 - [33] Wang Y X, Neamati N, Jacob J, et al. Solution structure of anti HIV-1 and anti-tumor protein MAP30: structural insights into its multiple functions[J]. *Cell*,1999,99(4):433.
 - [34] Lee-Huang S, Huang P L, Huang P L, et al. Inhibition of the integrase of human immunodeficiency virus (HIV) type 1 by anti HIV plant proteins MAP30 and GAP31[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*,1995,92(19):8818.
 - [35] 汤琴,邓媛元,张雁,等. 苦瓜对肿瘤细胞的抑制作用及其活性成分研究进展[J]. 广东农业科学,2014(13):104-109.
 - [36] 李春阳,贾文祥,张雪梅,等. 苦瓜蛋白诱导胃癌细胞 SGC7901 凋亡的研究[J]. 四川肿瘤防治,2001,14(1):1.
 - [37] 林育泉,周鹏,曾召绵. 苦瓜 MAP30 蛋白基因克隆、表达及其抗肿瘤活性研究[J]. 中国生物工程杂志,2005,25(5):60-66.
 - [38] Fan J M, Luo J, Xu J, et al. Effects of recombinant MAP30 on cell proliferation and apoptosis of human colorectal carcinoma LoVo cell[J]. *Molecular Biotechnology*,2008,39(1):79-86.
 - [39] 樊剑鸣,朱沙,罗俊,等. 苦瓜蛋白 MAP30 在毕赤酵母中的表达及其诱导胃癌腺癌细胞 MGC803 凋亡的研究[J]. 现代预防医学,2009,36(10):1932-1934.
 - [40] 樊剑鸣,张晓峰,张巧,等. 重组苦瓜 MAP30 蛋白对大肠癌 LoVo 细胞凋亡的影响[J]. 郑州大学学报,2009,44(1):116-119.
 - [41] 韩晓红,邵世和,薛延军,等. 重组苦瓜叶蛋白 MAP30 诱导食管癌细胞株 EC-1.71 凋亡的实验研究[J]. 临床检验杂志,2011,29(5):354-357.
 - [42] 邓緬,刘双凤,孟尧,等. MAP30-PEG 结合物对 A549 体外细胞增殖作用的研究[J]. 华西药学杂志,2012,27(4):395-398.
 - [43] 何义国,赵兴秀,邓静,等. 苦瓜籽蛋白 MAP30 的聚乙二醇化学修饰及抗肿瘤活性研究[J]. 天然产物研究与开发,2013,25:662-666.
 - [44] 邱华丽,穰杰,丁学知,等. 苦瓜 MAP30 蛋白的原核表达及其生物活性研究[J]. 中国生物工程杂志,2014,34(6):40-46.
 - [45] Sun Y, Huang P L, Li J J, et al. Anti-HIV agent MAP30 modulates the expression profile of viral and cellular genes for proliferation and apoptosis in AIDS-related lymphoma cells infected with Kaposi's sarcoma-associated virus[J]. *Biochemical and Biophysical Research Communications*,2001,287(4):983-994.
 - [46] 熊术道,尹丽慧,李景荣,等. 粘附分子 CD54, CD44 在苦瓜蛋白诱导 K562 细胞凋亡中的作用[J]. 中国临床药理学与治疗学,2005,10(12):1403-1407.
 - [47] 熊术道,尹丽慧,李景荣,等. 苦瓜蛋白诱导 K562 细胞凋亡及其对 Bcl-2, PCNA 蛋白表达的影响[J]. 中国免疫学杂志,2006,22(11):1002-1005.
 - [48] 尹丽慧,熊术道,韩义香,等. 苦瓜蛋白诱导 K562 细胞凋亡的实验研究[J]. 中国中医药科技,2007,14(6):416-418.
 - [49] 何贤辉,曾耀英,孙荪,等. 天花粉蛋白诱导人类白血病细胞株 HL60 细胞凋亡的研究[J]. 中国病理生理杂志,2001,17(3):200-203.
 - [50] 谢捷明,谢盈,陈明晃,等. 八棱丝瓜蛋白-1 对 B-16 细胞的诱导分化作用[J]. 肿瘤防治杂志,2005,12(20):1521-1524.
 - [51] Schreiber C A, Wan L, Sun Y, et al. The antiviral agents, MAP30 and GAP31, are not toxic to human spermatozoa and may be useful in preventing the sexual transmission of human immunodeficiency virus type 1[J]. *Fertility and Sterility*,1999,72(4):486-490.

洪佳敏,邱珊莲,郑云云,等. 香蕉饮料研究进展[J]. 江苏农业科学,2019,47(6):19-23.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.06.005

香蕉饮料研究进展

洪佳敏,邱珊莲,郑云云,林宝妹,郑菲艳,张帅,周红玲,郑开斌

(福建省农业科学院亚热带农业研究所,福建漳州 363005)

摘要:为提高香蕉的综合利用水平,促进香蕉产业可持续发展,笔者归纳了香蕉饮料加工产品现状,主要包括香蕉原汁饮料、香蕉复合饮料、香蕉发酵饮料、香蕉固体饮料及其他饮料等,综述了护色、澄清、发酵、稳定性及杀菌等香蕉饮料加工中关键技术的研究进展。有机复合型饮料前景广阔,但我国对香蕉复合饮料研究主要集中在和水果、粗粮等复配方面,对香蕉果蔬复合饮料研究有待进一步加强。本文可为香蕉饮料加工和技术研究提供参考。

关键词:香蕉;饮料;加工技术;研究进展

中图分类号: TS275.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)06-0019-05

香蕉(*Musa nana* Lour.)是一种重要的热带、亚热带水果,属芭蕉科(Musaceae)芭蕉属(*Musa* L.),含有丰富的氨基酸、矿物质等营养成分及多酚、黄酮等活性物质,具有治腹泻、抗溃疡、抗抑郁、抗氧化、降血糖、抗肿瘤等保健功效,因而香蕉具有较高的营养和药用价值。香蕉因其风味好、营养足,成为了世界上最受欢迎的水果之一^[1]。我国香蕉生产主要分布于南部地区,由于产地集中,大量果品采收季节相同,再加上香蕉不耐储藏,易造成旺产滞销。因此,开发高值化、具有竞争力的香蕉深加工产品有助于我国香蕉产业的持续健康发展。

随着人们生活水平的提高和生活节奏的加快,果汁饮料因清爽的口感、独特的风味、丰富的营养、稳定的品质并且容易被人体所吸收等优点越来越受到人们的喜爱,尤其是具有保健功能的天然饮品备受消费者青睐。目前香蕉饮料的加工越来越得到重视,为了合理搭配营养,适应不同的消费层次,满足不同消费者的嗜好,将香蕉开发成食用方便、营养均衡、品质安全的饮品,具有广阔的市场前景。

收稿日期:2017-12-14

基金项目:福建省农业科学院科技创新项目(编号:PC2017-1);福建省科技计划项目公益类科研院所专项(编号:2015R1013-9、2016R1012-3);福建省农业科学院青年创新团队项目(编号:STIT2017-3-4);福建省农业科学院生产性工程化实验室中试项目(编号:AG2017-5);福建省农业科学院培育创新团队项目(编号:STIT2017-2-11)。

作者简介:洪佳敏(1988—),女,福建漳州人,硕士,实习研究员,主要研究方向为农产品功能成分提取与加工。E-mail:jiaminhong2008@126.com。

1 香蕉饮料研究现状

1.1 香蕉原汁饮料

香蕉原汁饮料是一种最传统的香蕉深加工制品,主要是经过热烫、护色、酶解等制得的一种饮料。白卫东等用0.5%柠檬酸溶液浸泡香蕉,在热烫、打浆时添加异抗坏血酸0.1%进行护色,然后添加0.3%淀粉酶在55℃下作用30min后得到香蕉汁粗酶液;再添加0.04%果胶酶酶解,于45℃下反应90min,最后经过121℃高温瞬时杀菌10s,能够有效防止褐变和保持香蕉汁中营养成分,制得澄清香蕉汁^[2]。Sagu等也对香蕉汁进行研究,并进一步测定了果汁中的总可溶性糖含量、pH值、电导率、Ca²⁺浓度、Na⁺浓度和K⁺浓度^[3]。

1.2 香蕉复合饮料

目前,饮料的生产正由澄清汁饮料向浑浊汁饮料、单一汁饮料向复合汁饮料方向转型发展。通过按一定比例将香蕉汁与其他辅料进行复合调配,既可充分发挥各种果蔬、粗粮等营养素的功能,还能弥补单一果蔬口感的不足,符合营养丰富、食用方便的食品需求。香蕉复合果汁饮料将有着广阔的发展前景。

1.2.1 香蕉与水果复合饮料 香蕉与水果的复合饮料品种繁多,其中主要与苹果、菠萝等复合。刘忆冬等研制了具有光滑质地、优良风味的复合果汁饮料^[4]。余小领等以菠萝和香蕉为主要原料,经打浆、过滤和调配后,制成菠萝香蕉复合纯果汁饮料,具有色泽美观、甜酸可口等特点^[5]。

1.2.2 香蕉与粗粮复合饮料 粗粮含有丰富的淀粉、纤维素、无机盐以及B族维生素等,其中不溶性纤维素有利于消化系统的运转。香蕉与粗粮复合饮料既有水果的风味,又有

[52]王临旭,孙永涛,杨为松,等. 植物蛋白 MAP30 体外抗 HIV-1 的实验研究[J]. 解放军医学杂志,2003,28(10):894-896.

[53]Bourinbaier A S, Lee - Huang S. Potentiation of anti - HIV activity of anti - inflammatory drugs, dexamethasone and indomethacin, by MAP30, the antiviral agent from bitter melon[J]. Biochemical and Biophysical Research Communications, 1995, 208(2): 779 - 785.

[54]Schreiber C A, Wan L, Sun Y, et al. The antiviral agents, MAP30 and GAP31, are not toxic to human spermatozoa and may be useful in preventing the sexual transmission of human immunodeficiency virus

type 1[J]. Fertility and Sterility, 1999, 72(4): 686 - 690.

[55]Arazi T, Lee - Huang P, Lin H P, et al. Production of antiviral and antitumor proteins MAP30 and GAP31 in cucurbits using the plant virus vector ZYMV - AGII [J]. Biochemical and Biophysical Research Communications, 2002, 292(2): 441 - 448.

[56]Huang P L, Sun Y, Chen H C, et al. Proteolytic fragments of anti HIV and antitumor proteins MAP30 and GAP31 are biologically active[J]. Biochemical and Biophysical Research Communications, 1999, 262(3): 615 - 623.