

猕猴桃增进肠蠕动的功效成份破析

顾晓俊, 刘琛, 金邦荃, 沈丽叶, 吴旻丹

(南京师范大学金陵女子学院, 江苏 南京 210097)

[摘要] 老年性肠功能减退和肠癌多发已成为常见病,近年注意到适量食用猕猴桃可增进胃肠运动. 本文通过对小鼠离体肠肌运动的研究,解析猕猴桃成分的功效. 经解析,猕猴桃含有丰富的小分子有机酸和游离糖,以及适量膳食纤维(Dietary fiber, DF). 研究发现,2.0%葡萄糖-1.0%酒石酸混合溶液、2.5% DF和2%可溶性膳食纤维果胶(Soluble dietary fiber-pectin, SDF-P)均可有效增进小鼠肠肌运动,使肠肌收缩频率极显著提高($p < 0.01$). 猕猴桃增进肠运动的主要功效成分是小分子糖酸、DF和SDF-P等,它们共同降低肠道内酸度和增加晶体渗透压,对肠壁产生适宜的化学和机械性刺激,促进了肠蠕动.

[关键词] 可溶性膳食纤维果胶,小分子糖酸,肠蠕动,离体肠段,猕猴桃

[中图分类号] TS2 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1672-1292(2014)02-0086-05

Effect of *Actinidia* Ingredients on the Peristalsis of Mouse Intestinal Segment in vitro

Gu Xiaojun, Liu Chen, Jin Bangquan, Shen Liye, Wu Mindan

(Ginling College, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, China)

Abstract: Intestinal dysfunction and cancer have been increased in elders recently. It is very interesting that eating one or two kiwi (*actinidia*) a day can improve the gastrointestinal movement effectively. *Actinidia* functional composition is studied by HPLC and intestinal segment movement in vitro. There are richer small molecular organic acids, free sugars and dietary fiber (DF) in *actinidia*. The contraction frequency (CF) of intestinal muscle can be raised significantly ($p < 0.01$), because of adding mixed solution of 0.2% glucose - 0.1% tartaric acid, 2.5% DF or 2% Soluble dietary fiber-pectin (SDF-P). The mainly functional components in *actinidia* are small molecular organic acids, free sugars, and DF and SDF-P. They increase intestinal movement via suitable stimulus such as lower pH value and higher crystal osmotic in intestine.

Key words: SDF-P, small molecular sugar and acids, peristalsis, intestinal segment, *actinidia*

步入老年,随着肠蠕动的减缓或肠功能的减退,便秘的发生率逐渐升高^[1-4].我国成人慢性便秘发生率为3.7%,且有上升的趋势.其中女性患者明显高过男性,老年人明显高于中青年^[5,6].由于食物残渣在结肠和直肠停留时间过长,一些有毒有害物质,如吲哚、胺类等的再吸收,也是肠癌的诱因之一^[1,3,4,6].

关于老年人肠功能的研究和改善引起了广泛重视,利用一些已知的食物功能性成份,尤其是膳食纤维,来增进老年人肠蠕动、减轻便秘等肠道不适症等^[2,6]已经成为当前的新兴课题之一.

近年发现,每日进食1~2颗猕猴桃,可有效增进中老年女性的肠蠕动,缓解病症.为此,本研究试图解析猕猴桃中的主要功效成份,评价其促进肠蠕动的作用.

1 材料与方法

1.1 猕猴桃及样品制备

市场购新鲜完好猕猴桃果实,皮肉分离并榨取果汁备用.

收稿日期:2014-05-01.

基金项目:2011年江苏省现代农业技术创新项目(CX(11)2067-1)、2010年江苏省大学生创新项目.

通讯联系人:金邦荃,博士,教授,研究方向:食品科学. E-mail: jingbangquan@njnu.edu.cn

1.2 猕猴桃功效成份

国标法^[7,8]分析果肉或果皮中膳食纤维成分,分别是总膳食纤维以及其中的木质素、纤维素和半纤维素含量;采用 *D*-半乳糖醛酸-咔唑法^[9]分析可溶性膳食纤维果胶(SDF-P);采用化学法及 Waters 600 和 Agilent 1100 高效液相色谱仪法(HPLC)分离鉴定果汁中游离的小分子糖^[10]和酸^[11]。

1.3 雄性 ICR 小鼠离体肠段

若干 20~25 g/BW 成年雄性 ICR 小鼠,禁食 24 h 后,脱颈椎处死,取小肠,去除肠内容物并清洗,截成约 3 cm 的离体肠段,置于 35~37 ℃ 台式液中待用^[12,13]。

1.4 离体肠段动力学

选用 BL-420F 生物机能实验仪与 JH-2 型肌张力传感器连接,观察和记录(37±0.5)℃ 麦氏浴槽中离体肠段的运动。该仪器参数设为 G:20 mV、F:20 Hz 和 5.00 s/div。以(37±0.5)℃ 台氏液为基础对照(CK)、1/万肾上腺素(Adr)为阴性对照(-)和 1/万乙酰胆碱(Ach)为阳性对照(+);依据猕猴桃成分分析,根据其主要组分的比例(见表 2)配制 3 浓度梯度的 DF、SDF-P、葡萄糖(Glucose, Glu)、酒石酸(Tartaric Acid, TA)及 Glu-TA 混合溶液,分别观测它们对小鼠离体肠段运动的影响(表 1)^[12,13]。

表 1 试验设计

Table 1 Trail design

处理	滴加 1 mL/次		
台式液(CK)	√		
1/万 Ach(+)		√	
1/万 Adr(-)		√	
DF/%	2.3	4.6	9.2
SDF-P/%	2	6	10
Glu/%	2.0	4.0	6.0
TA/%	1.0	1.5	2.0
Glu-TA/%	2.0+1.0	4.0+1.5	6.0+2.0

注:n=54,18 处理;肠段一端连接麦氏浴槽,另一端连接肌张力传感器和 BL-420F 生物机能实验仪。

表 2 猕猴桃组分

Table 2 Composition in actinidia

	膳食纤维	木质素	纤维素	半纤维素	果胶	总糖	还原糖	总酸/(mg/dL)
果肉/%	2.6±0.13	7.4	4.20	0.82	1.39	9.6	7.9	1.3
果皮/%		14	7.17	0.34	3.10			
果汁	pH	柠檬酸	苹果酸	琥珀酸	酒石酸	葡萄糖	果糖	蔗糖
mg/mL	3~4	22.74±2.98	17.28±1.45	5.39±1.48	5.94±0.26	61.5±5.17	60.56±7.58	6.78±1.54

1.5 数据处理与质量控制

双录入原始试验数据,文中以 $\bar{x} \pm SD$ 表示。采用 SPSS14.0 统计软件(30078035519)进行单因素方差分析(ANOVA),当组间差异显著时,进行 LSD 多重比较。

2 结果与讨论

2.1 猕猴桃功效成分解析

猕猴桃的主要组分如表 2 所示。猕猴桃分为果皮和果肉,并从果肉中榨取果汁,以备分析测定猕猴桃中的功效成分。结果表明,猕猴桃平均含(2.6±0.13)% 膳食纤维(DF),且高于一般蔬菜和水果(1% 左右)。其中果皮含不消化的木质素和纤维素比例较高,分别是果肉的 1.89 倍和 1.71 倍;且 SDF-P 也高出果肉 2.23 倍;但果肉中可消化的半纤维素含量较高,是果皮的 2.79 倍。猕猴桃 SDF-P 属于均质多聚半乳糖,且含少量其他己糖和戊糖。

进一步将果肉榨汁,分析其中可溶性游离糖和小分子有机酸,结果发现,猕猴桃是高含糖量的水果,其中总糖接近 10%,游离糖达到 7.9%;成熟猕猴桃酸度适宜,其总酸 1.3 mg/dL, pH 3~4。

采用 HPLC 分离鉴定猕猴桃果汁中小分子糖、酸,证实猕猴桃中的糖分主要来自葡萄糖、果糖和蔗糖等,其中葡萄糖和果糖含量较高;含有 9 种有机酸,其中含量较高的为柠檬酸、苹果酸和酒石酸(如图 1 和图 2 所示)。

2.2 离体肠段运动的局部调节

分别以(37±0.5)℃ 台式液(CK)、Ach(+)和 Adr(-)为正常对照组、阳性对照组和阴性对照组,研究雄性小鼠离体肠段的肠肌收缩频率和收缩力^[12]。

研究观测到,CK 离体肠段的平均收缩频率(Contraction Frequency, CF)和收缩力(Contraction Intensity,

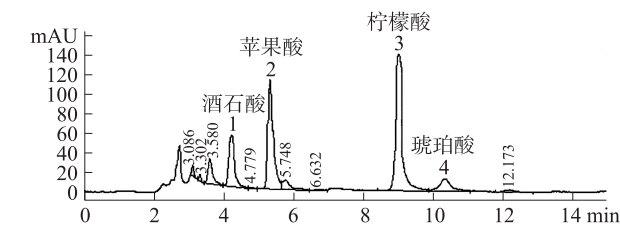


图 1 猕猴桃有机酸组分

Fig.1 Organic acids in actinidia

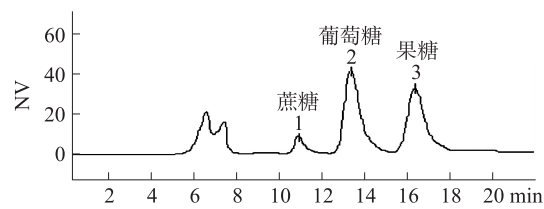


图 2 猕猴桃小分子糖组分

Fig.2 Small molecular sugar in actinidia

CI) 分别为(23.1±2.00)次/分和(4.9±0.6)g. 以此为基准,Ach(+)能显著刺激离体肠段运动,其中 CF 增加 2.38 倍($p<0.01$),CI 增加 14%,肠蠕动显著增加;滴加 Adr(-)后,离体肠段的 CF 和 CI 均减弱,尤其 CF 被抑制了 33.3% ($p<0.01$),导致肠蠕动减慢(见表 3).

表 3 猕猴桃功效成分对离体肠段运动的影响

Table 3 Effect of actinidia ingredients on intestinal segment movement in vitro

分组	处理	变量	收缩频率/(次/min)	收缩强度/g
1	任氏液(CK)	3	23.1±2.00 ^c	4.9±0.6 ^{cd}
2	1/万 Ach(+)	3	54.9±1.20 ^e	5.6±0.5 ^d
3	1/万 Adr(-)	3	15.4±0.74 ^b	4.7±0.2 ^{cd}
4	2.0% Glu	3	98.3±2.87 ^{gh}	5.5±1.0 ^d
5	4.0% Glu	3	69.9±2.45 ^f	2.8±0.3 ^{ab}
6	6.0% Glu	3	6.0±0.44 ^a	3.2±0.2 ^{ab}
7	1.0% TA	3	36.8±3.21 ^d	4.3±0.2 ^{cd}
8	1.5% TA	3	106.0±2.56 ^h	4.4±0.1 ^{cd}
9	2.0% TA	3	140.7±7.68 ^j	2.7±0.2 ^a
10	2.0% Glu+1.0% TA	3	96.8±2.72 ^{gh}	5.0±0.3 ^{cd}
11	4.0% Glu+1.5% TA	3	103.6±2.66 ^h	6.8±1.0 ^e
12	6.0% Glu+2.0% TA	3	104.8±5.25 ^h	4.8±0.7 ^{cd}
13	2.5% DF	3	92.1±4.94 ^g	4.4±0.3 ^{cd}
14	5% DF	3	114.9±11.98 ⁱ	5.1±0.2 ^{cd}
15	7.5% DF	3	101.6±1.19 ^{gh}	4.6±1.1 ^{cd}
16	2% SDF-P	3	68.7±3.70 ^f	3.8±0.1 ^{bc}
17	6% SDF-P	3	137.3±2.97 ^j	3.8±0.5 ^{bc}
18	10% SDF-P	3	39.78±5.43 ^d	5.6±0.1 ^d

注: $n=18\times3=54$,肩标同字母表示组间无差异;肩标字母不同,如 a,b 或 b,c,表示组间差异显著, $p<0.05$;肩标字母相间,如 a,c 或 b,d 或 b,e 或 c,f,表示组间差异极显著或极显著 $p<0.01$.

究其原因,Ach(+)作用于肠道平滑肌 Ach-M 受体,使其激动,增加了肠液分泌和平滑肌的收缩运动,故使得离体肠段 CF 增加,蠕动加快.而 Adr(-)主要作用于肠道平滑肌 Adr- α 受体,当 α 受体激动时,肠液分泌减少而浓稠,平滑肌细胞趋于舒展,从而导致肠蠕动减慢^[1,4]. 肠液分泌和肠道 CF 的增加有利于蠕动的增强,从而更有力地使食物残渣向后推移.然而不论滴加 Ach 还是滴加 Adr,离体肠段的肠肌收缩力未明显改变,由此保证肠道血管的血液正常供应,而利于较快的蠕动频率^[2,12,13]. 本文推测,Ach 通过肠壁 M 受体促进肠蠕动,而 Adr 通过肠壁 α 受体抑制肠蠕动,它们主要改变了肠运动的 CF,而对肠 FI 的影响不明显^[12,14].

2.3 猕猴桃糖酸增进肠蠕动的功效分析

本文前期研究观察到,猕猴桃果汁可刺激小鼠离体肠段 CF 的增加,且具有一定的量效关系,其作用效果类似 Ach(+)^[15]. 为此,选择性配置糖酸溶液分别滴入离体肠段,观察其对肠肌运动的影响.

结果发现,肠管内滴加 2.0% 和 4.0% 葡萄糖溶液(Glu),可显著提高肠肌 CF,分别达到 4.3 倍和 3.0 倍($p<0.01$),其中 2.0% Glu 还提高肠肌 12.2% CI. 三浓度酒石酸溶液(TA)作用于离体肠段,均显著增加肠肌 CF,分别达到 CK 组的 1.59 倍、4.58 倍和 6.09 倍($p<0.05$, $p<0.01$);但高浓度下抑制肠肌 CI(见表 3).

混合糖酸溶液(Glu-TA)与肠肌 CF 呈量效关系.与 CK 比,其 CF 分别提高 4.19、4.48 和 4.54 倍($p<0.01$);与 Ach 比,也分别提高了 1.76、1.89 和 1.91 倍($p<0.01$);表明 Glu-TA 增进肠蠕动的作用具有叠加效应,使作用更为明显.研究中还注意到,单独使用 Glu 或 TA,主要是增进肠肌 CF,中、高浓度时还抑制

CI;而复配的 Glu-TA 不但有效刺激肠段 CF 增进,而且维系其有效 CI(见表3)。

猕猴桃含有丰富的总糖(9.6%)且酸度适宜(pH3~4),其中有机酸增加了胃肠道内 H^+ 浓度;同时糖等增加了肠道内晶体渗透压,这些都构成对消化道上皮细胞和平滑肌细胞膜 Ach-M 受体的激动作用,促使膜受体 Ach-M 分子变构, Ca^{2+} 内流而产生平滑肌收缩频率增加,从而有效增进肠蠕动^[1,6,12,16]。由此推测,每天食用1~2枚猕猴桃,可有效增加肠蠕动和改善排便功能^[1,6,14]。

2.4 猕猴桃 DF 和 SDF-P 增进肠蠕动的功效分析

本实验室分别自制了猕猴桃 DF 和 SDF-P,配制成三浓度梯度溶液,开展研究。离体肠段中分别滴加 2.5%、5.0% 和 7.5% DF 悬浮液,可使肠肌 CF 较 CK 组分别增加 3.99 倍、4.97 倍和 4.40 倍($p<0.01$),也较 Ach(-)组提高 1.76、2.09 和 1.93 倍($p<0.01$);同时将三浓度 SDF-P 溶液加入肠管,其促肠运动的效果与 DF 相似,即随浓度起伏,呈低—高—低现象,只是更为明显。2.5% DF 和 2.0% SDF-P 既能达到有效刺激,并增加了肠蠕动(见表3)。将 CF 设为应变变量,建立 DF 悬浮液浓度对应的数学关系式, $Y_{CF} = 5.246X_{DF} + 65.47$,相关系数 $R^2 = 0.675$ ($p<0.05$),表明悬浮液中 DF 浓度与离体肠段收缩频率呈中等程度的正相关性,从而在一定范围内具备量效关系。

研究表明,DF 悬浮液的物理性状比较松散,而 SDF-P 溶液粘稠;一定浓度下增进离体肠段运动的原因可能是,在肠段内帮助肠内容物吸附水分,保持体积,而形成对肠壁的有效机械性刺激,引起肠蠕动频率加快,促进食物残渣的向后排空^[2,13,16-18]。DF 和 SDF-P 可能是通过对肠壁粘膜产生机械性牵张反射和 Ach-M 受体响应,增进肠蠕动的^[14,19-20]。然而,高浓度的 DF 或 SDF-P,其溶液的粘稠度增加而增加了肠道内阻力,反而减缓肠道蠕动,尤其是 SDF-P,当其浓度达到 10% 时,离体肠段 CF 明显降低,该现象提示低浓度 DF 和 SDF-P 可能更有利于肠运动。

3 结论

猕猴桃增进离体肠段蠕动,主要是提高肠肌收缩频率并维系适宜收缩力。除膳食纤维外,促进肠蠕动的主要功效成分是低分子有机酸和游离糖,糖酸复配溶液更有利于肠运动,适宜剂量为 2.0% Glu+1.0% TA、2.5% DF 和 2% SDF-P。而高浓度 DF 和 SDF-P 会增加肠道阻力,反而降低其促肠蠕动的效果。低分子糖酸和 DF 作用于肠壁粘膜,可能引起 Ach M 受体响应,而产生类 Ach 效应。

[参考文献](References)

- [1] Chiarelli P, Brown W, McElduff Constipation P. In Australian women: prevalence and associated factors[J]. International Urogynecology, 2000(11): 71-78.
- [2] 马德胜,周斌,付博,等. 胃肠运动与临床[M]. 北京:军事医学科学出版社,2006:298-301.
Ma Desheng, Zhou Bin, Fu Bo, et al. Gastrointestinal Motility and Clinical [M]. Beijing: Military Medical Science Press, 2006:298-301. (in Chinese)
- [3] Geboes K, Bossaert H. Gastrointestinal disorders in old age[J]. Age Ageing, 1977, 6:197-200.
- [4] Talley N J, Weaver A L, Zinsmeister A R, et al. Functional constipation and outlet delay: a population-based study[J]. Gastroenterology, 1993, 105:781-790.
- [5] 邓长生. 便秘高危人群及其特殊发病原因[J]. 医学新知杂志, 2003, 13(4):187-188.
Deng Changsheng. High-risk groups of constipation and their particular causes of morbidity [J]. Journal of New Medicine, 2003, 13(4):187-188. (in Chinese)
- [6] 金邦荃,吴旻丹. 中老年肠蠕动减慢与膳食营养改善[J]. 江苏食品, 2010, 72(3):13-15.
Jin Bangquan, Wu Mindan. Slows peristalsis and dietary improvements in the elderly[J]. Journal of Jiangsu Food, 2010, 72(3):13-15. (in Chinese)
- [7] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. GB/T 20806—2006 饲料中中性洗涤纤维测定方法[S]. 北京:中国标准出版社,2006.
AQSIQ, SAC. GB/T 20806—2006 Determination of Neutral Detergent Fiber in Feedstuffs[S]. Beijing: Standards Press of China, 2006. (in Chinese)

- [8] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. GB/T 20805—2006 饲料中酸性洗涤木质素测定方法[S]. 北京:中国标准出版社,2006.
AQSIQ,SAC. GB/T 20805—2006 Determination of Acid Detergent Lignin in Feedstuffs[S]. Beijing:Standards Press of China, 2006. (in Chinese)
- [9] 赵莎莎,姚晓丽,吴旻丹,等. 酶法提取猕猴桃皮和渣中果胶的工艺研究[J]. 安徽农业科学,2011,39(12):7 097—7 100.
Zhao Shasha,Yao Xiaoli,Wu Mindan,et al. Research on the extraction technology of the pectin from kiwifruit skin and slag [J]. Journal of Anhui Agriculture Science,2011,39(12):7 097—7 100. (in Chinese)
- [10] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. GB/T 5009 157—2003. 食品中有机酸的测定[S]. 北京:中国标准出版社,2003.
AQSIQ,SAC. GB/T 5009. 157—2003 Determination of Organic Acids in Foods[S]. Beijing:Standards Press of China,2003. (in Chinese)
- [11] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. GB/T 22221—2008 食品中果糖、葡萄糖、蔗糖、麦芽糖、乳糖的测定——高效液相色谱法[S]. 北京:中国标准出版社,2008.
AQSIQ,SAC. GB/T 22221—2008 Determination of Fructose, Glucose, Sucrose, Maltose, Lactose in Foods—High-Performance Liquid Chromatography[S]. Beijing:Standards Press of China,2008. (in Chinese)
- [12] 傅建华. 人体解剖生理学实验[M]. 北京:中国医药科技出版社,1999:83—87.
Fu Jianhua. Anatomy and Physiology Experiments[M]. Beijing:Chinese Medical Science and Technology Press,1999:83—87. (in Chinese)
- [13] Felix W L. Etiologic factors of chronic constipation-review of the scientific evidence[J]. Digestive Diseases and Science, 2007,52(2):313—316.
- [14] Martin A Eastwood,Edwin R Morris. Physical properties of dietary fiber that influence physiological function;a model for polymersalong the gastrointestinal tract[J]. J of Clinical Nutrition,1992,55:436—442.
- [15] 吴旻丹,陈瑜,金邦荃. 猕猴桃提取物促进小鼠离体肠段运动的初探[J]. 食品工业科技,2011,237(1):78—80.
Wu Mindan,Chen Yu,Jin Bangquan. Effect of actinidia extract on small intestine movement of mice in vitro[J]. Science and Technology of Food Industry,2011,237(1):78—80. (in Chinese)
- [16] Iain A,Brownlee. The physiological roles of dietary fiber[J]. Food Hydrocolloids,2011,25:238—250
- [17] Jarvholm B. Natural organic fibers-health effects[J]. Int Arch Occup Environ Health,2000,73:69—74
- [18] Mark E. Challenging problems presenting as constipation[J]. Gastroenterol,1999,94:567—574
- [19] Stephen A M,Cummings J H. Water-holding of dietary fiber in vitro and its relationship to faecal output in man[J]. Gut, 1979,20(8):722—729
- [20] Stephen A M. Mechanism of action of dietary fiber in human colon[J]. Nature,1980,575(5753):283—284

[责任编辑:严海琳]