

芒果中有机酸含量及对小鼠和大鼠消化功能的影响

韦会平, 郑毅, 韩洪波

(攀枝花学院 基础医学院, 四川 攀枝花 617000)

摘要: 研究不同成熟度芒果中有机酸含量变化规律及其对小鼠、大鼠消化功能的影响。用酸碱滴定法测定果实中有机酸含量, 通过小鼠小肠运动实验、大鼠饲养实验及消化酶测定, 评价不同成熟度或配伍使用的芒果果实对动物消化功能的影响。结果表明, 生果、绿熟果和熟果中有机酸含量(以柠檬酸计)分别为 1.02%、1.63% 和 0.12%。熟果对实验动物消化功能没有促进作用, 生果和绿熟果都能促进实验动物消化功能, 并且以绿熟果为最佳。绿熟果中配合加入栀子、芒果叶粉后, 不仅可显著提高其对实验动物的胃肠动力、胃液量、胃蛋白酶活性及排出量, 还可显著提高其总增重和食物利用率。

关键词: 芒果; 成熟度; 有机酸; 消化功能

Content of Organic Acid in Mango and Its Effect on Digestive Function of Mice and Rats

WEI Hui-ping, ZHENG Yi, HAN Hong-bo

(School of Basic Medicine, Panzhihua University, Panzhihua 617000, Sichuan, China)

Abstract: The content of organic acids in mangoes with different maturity was tested by acid-base titration. The effect of mango fruits on digestion was determined through intestinal movement experiment of mice and feeding experiment of rats. The results showed that the organic acids of tender fruit, green-ripe fruit and ripe fruit were 1.02%, 1.63% and 0.12% respectively. The ripe fruit had not significant effect on digestion function, but the tender fruit and green-ripe fruits both improved the digestive function of experimental animals significantly, and the latter was the best. For the green-ripe fruit compatible with gardenia and mango leaves, not only the gastrointestinal motility, gastric juice volume and pepsin output were improved, but also the total weight gain and food utilization rate were increased significantly.

Key words: mango; maturity; organic acid; digestive function

引文格式:

韦会平, 郑毅, 韩洪波. 芒果中有机酸含量及对小鼠和大鼠消化功能的影响[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(1): 26-30.

WEI Huiping, ZHENG Yi, HAN Hongbo. Content of Organic Acid in Mango and Its Effect on Digestive Function of Mice and Rats[J]. Food Research and Development, 2021, 42(1): 26-30.

芒果是著名的热带水果,在我国南方地区农业经济发展中占有重要地位^[1]。芒果入药在我国有悠久的历史,中医认为其有“益胃,生津,止咳”等作用,可用于“食少,咳嗽”等症^[2-3]。现代科学相关研究表明,芒果叶、果皮、果核等都具有各自不同的药用价值^[4-6]。近年

来,虽然国内外对芒果食品加工的研究主要集中在果实上^[7-8],但对芒果药用价值的研究则主要集中在芒果叶及所含的活性成分上^[9-13],对果实的药用价值研究较少。事实上,果实中的有机酸不仅是决定果实品质和风味的重要因素^[14-15],而且可对多种动物起到促进胃蛋白酶分泌、消化、矿物质吸收和抑制病原菌等多方面的积极作用^[16-18]。已有研究表明,芒果果实中的有机酸属于柠檬酸型,其含有的有机酸种类以柠檬酸和苹

基金项目:四川省科技计划项目(18CYRC0103)

作者简介:韦会平(1968—),男(汉),研究员,博士,研究方向:农业资源利用。

果酸为主,此外,还含有少量没食子酸、酒石酸、琥珀酸、莽草酸、奎尼酸、富马酸、甲酸等多种有机酸成分^[19-21],但目前对不同成熟度芒果中有机酸成分含量的变化及其功效还缺乏研究。本试验对不同成熟度芒果果实中有机酸的总量进行测定比较,并研究不同成熟度果实对小鼠和大鼠消化功能的影响,对芒果新型食品或保健品的开发和深度利用具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 仪器与试剂

BS250S 精密天平:北京赛多利斯天平有限公司;S500 数显式电热恒温水温箱:南京晓晓仪器设备有限公司;800D 电动离心机:江苏金怡仪器科技有限公司;CX40 生物显微镜:日本奥林巴斯公司;150L 消毒冷藏冰柜:河南新飞电器有限公司。

复方地芬诺酯:江苏平光制药有限责任公司;伊文思蓝、NaOH、HCl、乙醚(均为分析纯):国药集团化学试剂有限公司;中药材栀子:攀枝花同心堂药业有限公司,粉碎过 20 目筛;芒果叶为采自攀枝花的凯特芒果的嫩叶,烘干,粉碎过 20 目筛。测定用水为去离子水。

蛋白管:攀枝花市医学研究中心实验室自制,将内径 2 mm 的毛细玻管截成 10 cm 长,取蛋清适量充分打匀,纱布过滤,利用虹吸原理将毛细玻璃管灌满蛋清,然后将毛细玻管置于 85 ℃热蒸气中使蛋白质凝固,冷却即成^[22]。

1.2 试验材料及处理

1.2.1 测定样品处理

以攀枝花当地主栽芒果品种——凯特作为研究对象,分别取生果、绿熟果、熟果进行测定。生果指已经完全膨大,但未达成熟采收标准的果实(手指用力按无弹性,果肉白色,果核脆嫩);绿熟果指刚达成熟采收标准,但还没有变软达到食用标准的果实(手指用力按有轻微弹性,果肩浑圆,果肉黄白色,果核变硬);熟果指绿熟果采收后、经后熟达到食用标准的果实(手指轻按感觉发软,果肩浑圆,果肉黄色,果核硬而坚韧)。将 3 种果实分别切片,55 ℃烘干,粉碎过 20 目筛,然后分别取样进行测定。

1.2.2 动物实验样品制备

供试样品分 4 组。A 组:生果干片 1 000 g;B 组:绿熟果干片 1 000 g;C 组:熟果干片 1 000 g;D 组:绿熟果干片 1 000 g,栀子粉 150 g;E 组:绿熟果干片 1 000 g,芒果叶粉 150 g;F 组:绿熟果干片 1 000 g,芒果叶粉 75 g,栀子粉 75 g。各组样品加水煮沸提取 3 次,每次

30 min,3 次提取液合并,加入 5%三氯蔗糖溶液 5 mL、山梨酸钾 4 g 溶解后,定容到 8 L,灭菌,分别得到供试液 A、B、C、D、E 和 F,冷藏保存备用。

1.2.3 实验动物

6 周龄~8 周龄 SPF 级昆明系小鼠和 60 只幼年 SPF 级 SD 大鼠由长沙市天勤生物技术有限公司提供,实验动物许可证号:SCXK(湘)2014-0011。小鼠 80 只,雌、雄各半,体质量 18 g~22 g。大鼠 70 只,雌雄各半,4 周龄~5 周龄,体质量(140±25)g。雌鼠群养,雄鼠单笼饲养,室温(22±3)℃,相对湿度(60±10)%,室内噪声<55 dB,光照时间每日 7:00~18:00,饲喂普通饲料,自由采食和饮水,实验前于实验环境适应性喂养 1 周。

1.3 有机酸测定

按照 GB/T 12456—2008《食品中总酸的测定》标准^[23]测定芒果样品中有机酸含量。精密称取约 20 g 样品粉末,倒入 250 mL 容量瓶中,加入 200 mL 约 80 ℃的沸水,置沸水浴中煮沸 30 min(摇动 2 次~3 次),取出冷却到室温(25 ℃~30 ℃),定容到 250 mL,用快速滤纸过滤,收集滤液进行测定。取 40 mL 滤液,置 250 mL 三角瓶中,加 50 mL 水和 0.2 mL 1%酚酞指示剂,用 0.1 mol/L NaOH 标准滴定液滴定至微红色 30 s 不褪色,记录消耗的 NaOH 标准滴定液体积(V_a , mL)。另用水代替样品溶液,相同方法进行空白滴定,记录消耗的 NaOH 标准滴定液体积(V_b , mL),按照下列公式计算芒果中有机酸含量:

$$\text{有机酸含量(以柠檬酸计)/}\% = \frac{c \times (V_a - V_b) \times K \times F}{m} \times 100$$

式中: c 为 NaOH 标准滴定液的摩尔浓度, mol/L; K 为酸的换算系数,以柠檬酸计,值为 0.064; F 为试液稀释倍数; m 为样品质量, g。

1.4 小鼠小肠运动实验

参考文献[22,24]方法,取小鼠 80 只,随机均分为空白对照组、模型对照组和 6 个实验组,每组 10 只。6 个实验组每日 1 次分别灌胃给予供试液 A、B、C、D、E、F,灌胃量为 1 mL/100 g BW,空白对照组和模型对照组小鼠灌胃给予同等剂量无菌水,连续灌胃 30 d。小肠运动实验前,小鼠禁食不禁水 12 h。末次给药 0.5 h 后,空白对照组给无菌水,模型对照组、实验组分别按 1 mL/100 g BW 剂量灌胃给予 0.05%复方地芬诺酯进行便秘模型造模。0.5 h 后,各组小鼠分别按 1 mL/100 g BW 剂量灌胃给予 0.5%伊文思蓝溶液指示剂。25 min 后,乙醚麻醉下颈椎脱臼处死小鼠,打开腹腔分离肠系膜,剪取幽门至回盲部的肠管,置于托盘上拉直,测量肠管长度为“小肠总长度”,测量幽门至墨汁前沿为“墨汁推进长度”。按下式计算墨汁推进率:

$$\text{墨汁推进率}/\% = \frac{\text{墨汁推进长度}(\text{mm})}{\text{小肠总长度}(\text{mm})} \times 100$$

1.5 大鼠总增重、摄食量、食物利用率及消化酶测定

参考文献[24-25]方法,取SD大鼠50只,随机均分为空白对照组和6个实验组,每组10只。6个实验组分别灌胃给予A、B、C、D、E、F 6种不同的供试液,灌胃量为1 mL/100 g BW,空白对照组给予同等剂量无菌水灌胃,连续灌胃30 d。每周1次记录各组大鼠体质量和摄食量,并按照下式计算食物利用率:总食物利用率/ $\%$ =总增重(g)/总摄食量(g) $\times 100$ 。

消化酶测定^[25]:测定前,各组大鼠禁食不禁水24 h,乙醚麻醉后,幽门结扎收集各组大鼠4 h内分泌的胃液,并计算每小时胃液量。取1 mL胃液放入试管中,加入0.05 mol/L盐酸溶液15 mL,混匀,放入2根蛋白管,封口,放入37℃恒温箱内孵育24 h,再取出蛋白管,测量蛋白管两端透明部分的长度(mm),并以四端的结果计算平均值,按照下式计算胃蛋白酶活性和胃蛋白酶排出量:胃蛋白酶活性单位(U)=四端蛋白管透明部分长度均值的平方 $\times 16$,胃蛋白酶排出量/(U/h)=胃蛋白酶活性 $\times$ 每小时胃液量。

1.6 数据处理

用SPSS 19.0对试验数据做差异显著性分析,采用最小显著差异法(least-significant difference, LSD)。

2 结果与分析

2.1 不同成熟度果实中有机酸含量比较

不同成熟度果实中有机酸含量测定结果见表1。

表1 不同成熟度果实中有机酸含量($n=3, \bar{x} \pm s$)

Table 1 Content of organic acids in fruits with different maturity ($n=3, \bar{x} \pm s$)

样品	有机酸含量/ $\%$
生果	1.02 $\pm$ 0.15 ^b
绿熟果	1.63 $\pm$ 0.31 ^a
熟果	0.12 $\pm$ 0.06 ^c

注:不同字母表示差异显著, $P<0.05$ 。

不同成熟期果实中有机酸含量存在显著差异,绿熟期果实分别是生果和熟果的1.6倍和13.6倍,说明芒果中有机酸的累积在绿熟期达到最高,之后随着后熟过程大幅度降低。

2.2 小鼠小肠运动实验结果分析

小鼠小肠运动实验结果见表2。

表2 小鼠小肠运动实验结果($n=10, \bar{x} \pm s$)

Table 2 Results of intestinal movement in mice ($n=10, \bar{x} \pm s$)

组别	小肠全长/cm	墨汁前沿距幽门距离/cm	墨汁推进率/ $\%$
空白对照组	43.8 $\pm$ 2.6	25.1 $\pm$ 2.3	57.3 $\pm$ 4.7 ^a
模型对照组	45.4 $\pm$ 2.9	12.2 $\pm$ 1.9	26.9 $\pm$ 5.2 ^f
A实验组	46.2 $\pm$ 3.6	16.2 $\pm$ 2.2	35.1 $\pm$ 5.6 ^d
B实验组	45.2 $\pm$ 3.3	17.6 $\pm$ 2.7	38.9 $\pm$ 8.5 ^c
C实验组	44.8 $\pm$ 2.8	14.2 $\pm$ 3.2	31.7 $\pm$ 4.8 ^e
D实验组	44.9 $\pm$ 2.1	19.4 $\pm$ 3.1	43.2 $\pm$ 6.8 ^b
E实验组	42.5 $\pm$ 4.4	18.6 $\pm$ 2.7	43.8 $\pm$ 6.2 ^b
F实验组	45.4 $\pm$ 3.7	20.0 $\pm$ 3.4	44.1 $\pm$ 7.2 ^b

注:同列数据带不同字母表示差异显著, $P<0.05$ 。

模型对照组小鼠墨汁推进率显著低于空白对照组,表明便秘模型造模成功。与模型对照组小鼠比较,各实验组小鼠墨汁推进率都显著增加。A、B、C 3个实验组之间存在显著差异,说明成熟度对墨汁推进率有显著影响,墨汁推进率由高到低依次为绿熟果>生果>熟果。D、E、F实验组间的墨汁推进率无显著差异,但都显著高于B实验组,说明栀子粉和芒果叶粉都可显著提高芒果的墨汁推进率。

2.3 大鼠总增重、摄食量、食物利用率测定结果分析

大鼠不同时期的体重变化见表3,大鼠总增重、摄食量和食物利用率测定分析结果见表4。

无论从总增重来看,还是从总食物利用率来看,A、B实验组与空白对照组相比均没有显著差异,而C实验组显著低于空白对照组,这说明生果和绿熟果对大鼠总增重和食物利用率都没有显著影响,但熟果会降低总增重和食物利用率。和B实验组相比,D实验

表3 大鼠体质量变化($n=10, \bar{x} \pm s$)

Table 3 Changes of body weight in rats ($n=10, \bar{x} \pm s$)

组别	实验前	灌胃第7天	灌胃第14天	灌胃第21天	灌胃第30天
空白对照组	134.4 $\pm$ 4.6	192.2 $\pm$ 6.4	242.6 $\pm$ 8.6	298.6 $\pm$ 12.2	337.9 $\pm$ 14.8
A实验组	135.6 $\pm$ 5.8	196.2 $\pm$ 7.2	248.6 $\pm$ 11.2	288.4 $\pm$ 10.4	340.0 $\pm$ 18.2
B实验组	136.4 $\pm$ 5.3	197.6 $\pm$ 5.7	245.2 $\pm$ 7.6	292.4 $\pm$ 13.2	340.6 $\pm$ 14.8
C实验组	135.2 $\pm$ 4.8	194.2 $\pm$ 6.2	247.4 $\pm$ 12.2	296.6 $\pm$ 14.8	316.4 $\pm$ 12.6
D实验组	129.9 $\pm$ 5.1	189.2 $\pm$ 7.4	254.8 $\pm$ 8.2	285.9 $\pm$ 15.2	364.5 $\pm$ 18.8
E实验组	131.2 $\pm$ 4.5	191.5 $\pm$ 8.2	247.2 $\pm$ 10.4	285.4 $\pm$ 8.6	334.0 $\pm$ 12.4
F实验组	139.2 $\pm$ 2.9	188.7 $\pm$ 5.6	244.8 $\pm$ 9.5	299.6 $\pm$ 11.6	376.6 $\pm$ 16.5

表4 大鼠总增重和食物利用率比较($n=10, \bar{x} \pm s$)Table 4 Comparison of total weight gain and food utilization rate in rats ($n=10, \bar{x} \pm s$)

组别	总增重/g	总摄食量/g	总食物利用率/%
空白对照组	203.5±13.4 ^b	788.8±35.6	25.8±1.4 ^b
A 实验组	204.4±16.8 ^b	780.2±42.2	26.2±1.6 ^b
B 实验组	204.2±20.2 ^b	800.8±46.2	25.5±1.9 ^b
C 实验组	181.2±16.4 ^c	808.9±38.6	22.4±1.5 ^c
D 实验组	234.6±13.6 ^a	942.2±23.8	24.9±0.8 ^b
E 实验组	202.8±12.8 ^b	685.1±32.8	29.6±1.8 ^a
F 实验组	237.4±18.2 ^a	758.5±31.6	31.3±1.6 ^a

注:同列不同字母表示差异显著, $P<0.05$ 。

组总增重显著增加,总食物利用率没有显著差异,说明绿熟果加入栀子粉后可提高大鼠总增重,但对总食物利用率没有影响。和B实验组相比,E实验组的总食物利用率显著增加,而总增重没有显著差异,说明绿熟果加入芒果叶粉后可提高大鼠总食物利用率,但对总增重没有影响。和B实验组相比,F实验组的总食物利用率和总增重都显著增加,说明绿熟果加入芒果叶和栀子的混合物后,既可提高大鼠的总增重(与D相当),又可提高总食物利用率(与E相当)。

2.4 大鼠胃蛋白酶活性及排出量测定结果分析

各组大鼠测得的胃液量、胃蛋白酶活性及胃蛋白酶排出量见表5。

表5 大鼠胃液量、胃蛋白酶活性及排出量比较($n=10, \bar{x} \pm s$)Table 5 Gastric juice volume, pepsin activity and output in rats ($n=10, \bar{x} \pm s$)

组别	胃液量/(mL/h)	胃蛋白酶活性/U	胃蛋白酶排出量/(U/h)
空白对照组	0.85±0.22 ^d	92±21 ^d	78±22 ^e
A 实验组	1.14±0.31 ^c	116±25 ^c	132±34 ^d
B 实验组	1.31±0.26 ^b	135±34 ^b	177±42 ^c
C 实验组	0.88±0.18 ^d	90±24 ^d	79±26 ^e
D 实验组	1.49±0.35 ^a	137±41 ^b	204±58 ^b
E 实验组	1.30±0.32 ^b	157±37 ^a	204±32 ^b
F 实验组	1.52±0.24 ^a	161±28 ^a	245±24 ^a

注:同列不同字母表示差异显著, $P<0.05$ 。

和空白对照组相比,C实验组的胃液量、胃蛋白酶活性和排出量差异都不显著,而A、B实验组的这3个指标都显著增加,说明熟果并不能显著提高大鼠的胃液量、胃蛋白酶活性和排出量,而生果、绿熟果都能使其显著增加。和B实验组相比,D、E、F实验组的胃液量、胃蛋白酶活性或胃蛋白酶排出量存在显著差异,这说明绿熟果中加入栀子或芒果叶后会显著影响大鼠的胃液量、胃蛋白酶活性或胃蛋白酶排出量。加入

栀子粉后(D实验组),虽不能提高绿熟果对大鼠的胃蛋白酶活性,但可显著提高胃液量,从而显著提高胃蛋白酶排出量。加入芒果叶粉后(E实验组),虽不能提高绿熟果对大鼠的胃液量,但可显著提高其胃蛋白酶活性,从而显著提高胃蛋白酶排出量。加入芒果叶和栀子的混合粉后(F实验组),则既可提高绿熟果对大鼠的胃液量,又可显著提高胃蛋白酶活性,从而较大幅度提高胃蛋白酶排出量。

3 结论与讨论

不同成熟度果实中有机酸含量存在显著差异,绿熟果有机酸含量分别是生果和熟果的1.6倍和13.6倍。不同成熟度果实在实验动物的胃肠动力、胃液量、胃蛋白酶活性及胃蛋白酶排出量、总增重和食物利用率等方面存在显著差异。熟果虽然可以显著增加胃肠动力,但对胃液量、胃蛋白酶活性及胃蛋白酶排出量没有显著影响,并且显著降低动物的总增重和食物利用率。生果和绿熟果都能显著增加胃肠动力、提高胃液量、胃蛋白酶活性及胃蛋白酶排出量,但二者对动物的总增重和食物利用率却都没有显著影响。绿熟果中加入栀子粉后,可显著提升其对动物的胃肠动力、胃液量、胃蛋白酶排出量和总增重,但对胃蛋白酶活性和总食物利用率没有显著影响。绿熟果中加入芒果叶粉后,可显著提升其对动物的胃肠动力、胃蛋白酶活性和胃蛋白酶排出量、总食物利用率,但对胃液量和总增重没有显著影响。绿熟果中减半加入芒果叶和栀子混合粉后,可对上述全部功能指标都起到显著提升作用。

胃肠道是营养物质摄取、消化与吸收的器官,胃肠动力和消化酶活性是评价消化系统功能的主要指标。在此实验进行期间,各实验组动物均未出现拒食现象,生长活动正常。参照《保健食品检验与评价技术规范(2003版)》有关规定,动物体重增重、食物利用率、小肠运动实验和消化酶测定指标中任2个结果阳性,即可判定该受试样品实验结果为阳性^[24]。按此标准可判定,熟果没有促进消化功能作用,而生果和绿熟果都有促进消化功能作用,并且绿熟果的效果显著优于生果。结合不同成熟度芒果有机酸含量测定结果分析来看,芒果对动物消化功能的促进作用,呈现随着果实中有机酸含量的增加而增强的趋势,这与以往相关研究中有有机酸可提高动物消化功能和生长能力的类似分析一致^[16-18]。

本试验,栀子粉和芒果叶粉都能提高绿熟果对大鼠消化功能的促进作用。这可能和芒果果实本身的药

性有关系。中医普遍认为,芒果果实性温,且“性带湿毒”,因此,长期食用果实很容易产生“上火”等现象;而芒果叶则药性寒凉,有清热解毒、化痰止咳作用^[2-3]。因此,本试验中为减少芒果果实的温热之性和不良反应,特别设计了将栀子、芒果叶等寒凉之品与芒果果实配合使用的试验,并取得了良好效果。没有加栀子或芒果叶粉的实验组动物大都具有大便干结等现象,并且饲喂时间越长越严重,而加栀子或芒果叶粉的实验组大便则始终较为松软正常。栀子清火燥湿,芒果叶中含有丰富的芒果苷,具有良好的抗炎、抗氧化和清除自由基等作用^[9-13],二者和芒果果实配合使用,正好可以抑制芒果的温热和湿毒之性,相得益彰。以往的研究证实,芒果叶对鱼类、禽类等动物的生长都具有良好的促进作用^[26-27],这也与本试验研究得到的结果类似。本试验初步证实,芒果绿熟果与栀子和芒果叶相配应用,能更显著地提高其对实验动物的消化功能、总增重和食物利用率,这为芒果进行饲料或药用开发提供了新的启示,但具体应加入多少比例为最优,还有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 谢若男,马晨,张群,等.海南省芒果主产区主栽品种果实挥发性成分的对比[J].热带作物学报,2019,40(3):558-566.
- [2] 李时珍.本草纲目[M].北京:人民卫生出版社,1975:231.
- [3] 国家中医药管理局《中华本草》编委会.中华本草[M].上海:上海科学技术出版社,1999:121.
- [4] 郭新颖,史玉坤,陈峰,等.5种中药提取物清除自由基的体外抗氧化活性研究[J].化学工程师,2019,288(9):74-78.
- [5] 李燕.芒果核多酚分离、纯化及其抗氧化活性研究[D].大连:大连工业大学,2017:23-31.
- [6] 刘焕云,王艳哲,李敬,等.芒果皮多酚的微波辅助提取及体外抗氧化活性研究[J].中国调味品,2019,44(3):1-4.
- [7] 辛明,李昌宝,孙健,等.基于质构品质变化的芒果果粒加工工艺优化[J].食品工业科技,2018,231(1):137-142.
- [8] 金晓帆,唐明峰.酿酒酵母发酵芒果皮汁成分和抗氧化能力变化[J].食品科技,2018,54(9):121-128.
- [9] 韦会平,赵牧,田金凤,等.四川攀西干热河谷区芒果叶中芒果苷含量变化规律研究[J].南方农业学报,2016,47(12):2134-2138.
- [10] 韦会平,郑毅,韩洪波,等.酯提除杂法高效提取分离芒果叶芒果苷[J].南方农业学报,2018,49(1):130-135.
- [11] 陈煜,张雪映,王烁,等.芒果苷的药理作用研究进展[J].海峡药学,2019,31(6):31-35.
- [12] LEE B, TRUNG T H, BEA E A. Mangiferin inhibits passive cutaneous anaphylaxis reaction and pruritus in mice[J]. Planta Medica, 2009, 13(3): 1415-1417.
- [13] VISWANADH K E, NAGESHWAR R B, SATISH R B S. Antigenotoxic effect of mangiferin and changes in antioxidant enzyme levels of Swiss albino mice treated with cadmium chloride[J]. Hum Exp Toxicol, 2010, 29(5): 4179-4181.
- [14] 赵家桔. 芒果品质构成及其发育规律的研究[D]. 海口: 海南大学, 2010: 32-35.
- [15] 周兆禧, 赵家桔, 林兴娥, 等. 果实主要品质的研究进展[J]. 中国农业信息, 2014, 32(19): 116-117.
- [16] GRILLI E, MESSINA M R, TEDESCHI M et al. Feeding a microencapsulated blend of organic acids and nature identical compounds to weaning pigs improved growth performance and intestinal metabolism[J]. Livest Sci, 2010, 133: 173-175.
- [17] 王小建, 李伟, 布登付, 等. 不同营养水平日粮添加包被有机酸对断奶仔猪生长性能、养分消化率及粪便有害气体含量的影响[J]. 中国饲料, 2018, 54(10): 25-29.
- [18] 付亚楠. 日粮中添加有机酸对猪消化道的影响(综述)[J]. 饲料营养, 2019, 39(2): 16-19.
- [19] 张娥珍, 崔素芬, 辛明, 等. HPLC法同时测定不同种类芒果中10种有机酸的研究[J]. 食品科技, 2014, 39(3): 276-279.
- [20] GIL A M, DURATE I F, DELGADILLO I, et al. Study of compositional changes of mango during ripening by use of nuclear magnetic resonance spectroscopy[J]. J Agric Food Chem, 2000, 48: 1524-1536.
- [21] 马丽娜, 龚霄, 殷俊伟, 等. 基于RP-HPLC法测定水果及其果酒中有机酸含量[J]. 食品工业, 2018, 65(1): 328-330.
- [22] 李俊松, 赖筱娟, 王华富, 等. 小儿消食颗粒促消化研究[J]. 中国实验方剂学, 2010, 16(18): 132-137.
- [23] 全国信息与文献标准化技术委员会. 食品中总酸的测定: GB/T 12345—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010: 12-15.
- [24] 卫生部卫生法制与监督司. 保健食品检验与评价技术规范(2003版)[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2003: 25-29.
- [25] 陆苑, 孙佳, 陈思颖, 等. 梨麦消食咀嚼片对大鼠和小鼠消化功能的影响[J]. 贵州医科大学学报, 2017, 42(5): 549-553.
- [26] 王恒月. 芒果叶提取物对1d~42d肉鸡生长性能、血液生化指标、屠宰性能及肌肉品质的影响[J]. 中国饲料, 2018, 32(18): 23-27.
- [27] 吕小文, 郝倩, 陈业, 等. 饲料添加芒果叶黄酮浸膏促进鱼类生长[J]. 农业工程学报, 2013, 29(18): 277-283.

加工编辑:王艳

收稿日期:2020-02-13