

软化方法对食用槟榔品质的影响

Effects of different softening methods on quality of edible areca

赵志友^{1,2,3}

巢雨舟^{1,2,3}

袁思颂^{1,2,3}

ZHAO Zhi-you^{1,2,3}

CHAO Yu-zhou^{1,2,3}

YUAN Si-song^{1,2,3}

柳毅^{1,2,3}

肖东^{1,2,3}

夏延斌⁴

LIU Yi^{1,2,3}

XIAO Dong^{1,2,3}

XIA Yan-bin⁴

(1. 湖南宾之郎食品科技有限公司工程技术研究中心, 湖南 湘潭 411201; 2. 湘潭市食用槟榔工程技术研究中心, 湖南 湘潭 411201; 3. 湖南省槟榔产业技术创新战略联盟理事长单位, 湖南 湘潭 411201;

4. 湖南农业大学食品科学技术学院, 湖南 长沙 410128)

(1. Engineering Technology Research Center of Hunan Binzhilang Food Science Limited Company, Xiangtan, Hunan 411201, China; 2. Engineering Technology Research Center of Xiangtan Edible Areca, Xiangtan, Hunan 411201, China; 3. Technology Innovation Strategic Alliance Chairman Unit of Hunan Areca Industry, Xiangtan, Hunan 411201, China; 4. College of Food Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128, China)

摘要:采用煮、蒸、碱、酸、微波、酶和反复冷冻 7 种方法软化槟榔, 以未软化的样品为对照, 研究软化方法对食用槟榔的咀嚼性、碎渣性、槟榔碱含量、TPA(质构分析)测试、五针穿刺测试和味觉指标的影响。结果表明: 蒸(88.1 分)、碱(85.3 分)和微波(83.2 分)的咀嚼性得分最高; 对照(84.7 分)、煮(80.7 分)和冷冻(78.8 分)的碎渣性得分最高; 对照(4.90%)、冷冻(4.49%)、碱(4.17%)和酸(4.14%)的槟榔碱含量较高; 从 TPA 测试结果看, 酶、微波、蒸和碱的软化效果最好; 从五针穿刺测试结果看, 微波、碱、酸、酶和蒸的软化效果最好; 从味觉指标分析看, 煮和蒸可以去酸、苦、涩, 但是会降低鲜味, 微波和冷冻对风味几乎没影响, 碱可以去酸、增咸和增鲜, 但是会带来苦和涩, 酸会给槟榔带来酸和苦, 酶对去酸和涩有轻微作用。综合来看, 蒸、微波、酶和碱处理具有软化效果显著、对风味影响较小等特点, 更适合应用于实际生产。

关键词: 食用槟榔; 软化; 咀嚼性; 槟榔碱

Abstract: 7 kinds of methods, such as boiling, steaming, alkali, acid, microwave, enzyme and repeated freezing, were used to soft the edible areca. Comparing to the control group, studied the effects of different softening methods on chewiness, slagging, arecoline content, TPA test, five needles puncturing test and taste index of edible areca. Results: steaming (88.1 points), alkali (85.3 points) and microwave (83.2 points) had the highest chewiness score; control (84.7 points), boiling (80.7 points) and freezing (78.8 points) had the highest slagging score; control (4.90%), freezing (4.49%), alkali (4.17%) and acid (4.14%) had the higher content of arecoline; TPA result showed that enzyme, microwave, steaming and alkali had the best softening effect; from the five needle puncturing test, microwave, alkali, acid, enzyme and steaming had the best softening effect; the taste index analysis showed that boiling and steaming can remove acid, bitterness and astringency, but will reduce the umami, microwave and freezing had little influence on flavor, the alkali can remove acids, increase saltiness and umami, but will bring the bitterness and astringency, while acid bring the acid and bitterness, and enzyme have slight effect on remove acid and astringency. In summary, steaming, microwave, enzyme and alkali have the characteristics of softening effect and little influence on flavor, which is more suitable for practical production.

Keywords: edible areca; softening; chewiness; arecoline

槟榔是棕榈科植物的成熟种子, 含有多种营养和活性物质, 具有多种生理和药理作用^[1-4]。在中国以食用为主, 药用为辅^[5], 湖南是中国槟榔的加工中心, 加工全国 95% 以上的槟榔^[6]。根据市场调研显示, 目前行业总产值已超 200 亿元, 从业人员达 30 万, 消费者达 2 000 万, 消费地域覆盖全国, 湖南槟榔产业还在以年 10%~20% 的速度增长。但是, 槟榔所引发的安全问题也越来越突出, 主要是槟榔纤维对牙齿和口腔的损害, 造成牙齿过早脱落和口腔黏膜纤维性病变^[7-9], 对槟榔纤维的软化是产业迫切需要解决的问题。

基金项目: 湘潭市重点科技计划项目(编号: NY-ZJ20161002); 湖南省科技计划项目(编号: 430S00005/2017-42642)

作者简介: 赵志友(1969—), 男, 湖南宾之郎食品科技有限公司工程师, 硕士。E-mail: hbtznzzy5021@163.com

收稿日期: 2017-05-07

目前,槟榔所用的软化方法可以分为物理法、化学法、生物法和复合法^[10],物理软化法主要为蒸润法、砂润法和减压冷浸法^[11-12],但行业实际应用中以煮和蒸为主^[13]。化学软化法主要是碱处理法^[14],此法行业内也有应用,一般在浸泡或煮阶段加碱处理。生物软化法有酶解法^[15-16]和微生物降解法^[17],酶解法在行业内的应用也是最近几年才开始。复合软化法有如段维发等^[18]研究的真空发酵法,李卫等^[19]研究的高压纤维素酶耦合技术,巢雨舟等^[20]研究的超声酶解软化工艺。虽然槟榔的软化方法很多,行业中应用的也不少,但是各种软化方法缺乏系统的分析,很难判断其利弊,让行业在选择应用时无法科学评判。本研究针对食用槟榔的不同软化方法进行系统的对比分析,为行业软化工艺的研究提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

青果槟榔:产地海南;
槟榔软化酶:由纤维素酶、木聚糖酶、蛋白酶、漆酶、淀粉酶和助剂组成,湖南利尔康生物股份有限公司;
氢氧化钠:食品级,滨化集团股份有限公司;
硫酸:分析纯,西陇化工股份有限公司。

1.2 主要仪器设备

不锈钢电热开水桶:QG-38 型,大冶市强广不锈钢制品有限公司;
槟榔发制机:湘潭市槟榔机械设备制造厂;
电热鼓风干燥箱:101-2B 型,北京市中兴伟业仪器有限公司;
水分测试仪:MB-25 型,奥豪斯仪器(上海)有限公司;
物性分析仪(质构仪):TMS-PRO 型,美国 FTC 公司;
味觉分析系统(电子舌):TS5000-Z 型,日本 Insent 公司;
高效液相色谱仪:1260infinity 型,美国安捷伦科技公司;
立式压力蒸汽灭菌器:TM50 型,上海三申医疗器械有限公司;
微电脑微波化学反应器:LWMC-201 型,南京陵江科技开发有限责任公司。

1.3 试验方法

1.3.1 工艺流程

选籽→浸泡→软化处理→清洗→发籽→烤籽→上表香→切籽→去核→点卤→成品

1.3.2 操作要点

(1) 选籽:为了避免槟榔自身的差异而影响试验结果的准确性,本试验挑选大小和形态差异不大的槟榔作为样品,去花蒂,称取的每份槟榔样品重量一致。
(2) 浸泡:采用普通水浸泡处理,料液比 1:2.5(质量比)。
(3) 烤籽:采取称重的方法,烤至每份样品的重量一致,由于花蒂已去除,所以重量一致可以认为每份样品的含水量是一致的,可以排除水分差异对槟榔软硬度的干扰。

(4) 发籽、上表香和点卤:采用各种甜味剂、凉味剂和香精香料配制而成的配方进行发籽、上表香和点卤。

(5) 成品:要求样品水分含量在 25%~26%。

1.3.3 软化工艺

(1) 对照组:按上述工艺浸泡后直接清洗,不做任何其他软化处理。
(2) 煮制法:使用 100℃清水煮籽 10 min。
(3) 高温蒸法:设定 115℃蒸籽 10 min。
(4) 碱处理法:1% NaOH 水溶液,按料液比 1:2.5(质量比),25℃水温下浸泡 30 min。
(5) 酸处理法:2% H₂SO₄ 水溶液,按料液比 1:2.5(质量比),25℃水温下浸泡 30 min。
(6) 微波处理法:设定微波功率 650 W,微波时间 1 min,每次处理 130 g 槟榔。
(7) 酶处理法:3% 槟榔软化酶水溶液,50℃,24 h。
(8) 反复冷冻:—18℃冷冻 24 h,常温解冻 24 h,再冷冻,解冻,如此循环 3 次。

1.3.4 评价指标

(1) 水分含量:使用水分测试仪测定。
(2) 槟榔的咀嚼性:邀请某槟榔生产企业技术中心的 10 名食品专业人员,采用如表 1、2 所示的评价标准进行打分,取平均值。

表 1 食用槟榔的咀嚼性、碎渣性评价标准
Table 1 Chewiness and slagging evaluation standard of edible areca

咀嚼性	碎渣性	评分
软硬度很好,咀嚼感很好	咀嚼过程中,没有碎渣,咀嚼后,槟榔渣完整。	100
软硬度较好,咀嚼感较好	咀嚼过程中,有少量碎渣,咀嚼后,槟榔渣完整。	71~99
软硬度一般,咀嚼感一般	咀嚼过程中,有大量碎渣,咀嚼后,槟榔渣少量松散	41~70
软硬度较差,咀嚼感较差	咀嚼过程中,有大量碎渣,咀嚼后,槟榔渣大部分松散	11~40
软烂或者非常坚硬,无咀嚼感	咀嚼过程中,有大量碎渣,咀嚼后,槟榔渣全部碎块	0~10

(3) TPA 二次咀嚼测定:将槟榔样品放置于带凹槽的质构仪测试台上(此测试台为槟榔特别定制),使用 432-010 型直径 75 mm 圆盘挤压探头,测前速度 30 mm/min,测试速度 30 mm/min,起始力 2 N,形变率 60%,力量感应元量程 2 000 N,测定参数为硬度、弹性、胶粘性和咀嚼性,每个样品测 8 个,取平均值。

(4) 五针穿刺测定:将槟榔样品放置于平板质构仪测试台上,使用五针穿刺探头(为槟榔定制探头),力量感应元量程 2 000 N,起始力 2 N,测试速度 30 mm/min,穿刺距离 4 mm,回程速度 30 mm/min,回程距离 20 mm,测定参数为

硬度和做功,每个样品测 8 个,取平均值。

(5) 味觉指标测定:取若干槟榔样品,粉碎,取粉碎后的槟榔样品 5 g 于锥形瓶中,加入 150 mL 超纯水,用保鲜膜封住瓶口,于功率 560 W,温度 50 ℃ 条件下超声 10 min,取出后放置于恒温振荡水浴锅中,设定温度 25 ℃,水浴振荡 40 min,之后再以相同条件超声 2 次,以 4 000 r/min 离心 10 min,取上清液,上机测定味觉指标。

(6) 槟榔碱含量测定:准确称取 0.104 7 g 槟榔碱标准品,用超纯水溶解并定容至 25 mL 作为标准品储备液,将该储备液分别稀释至浓度 0.004 2,0.033 5,0.062 8,0.092 1,0.121 5,0.150 8 mg/mL,上机检测。以测得峰面积为纵坐标,槟榔碱浓度为横坐标制作标准曲线(见图 1),线性回归方程为 $Y=53\ 981.930\ 9X-0.128\ 7$, $R^2=0.999\ 8$ 。

称取 2 g 槟榔样品,加 60 mL 水,60 ℃ 超声 3 次,每次 15 min,共提取 2 次,合并 2 次提取液,供色谱检测用,色谱条件为 Partisil 10 SCX 阳离子色谱柱(4.6 mm × 250 mm, 10 μm),流动相乙腈—0.3% 磷酸(三乙胺试液调 pH 3.8),体积比 45:55,流速 1 mL/min,检测波长 215 nm,柱温室温(25 ℃),进样量 10 μL。

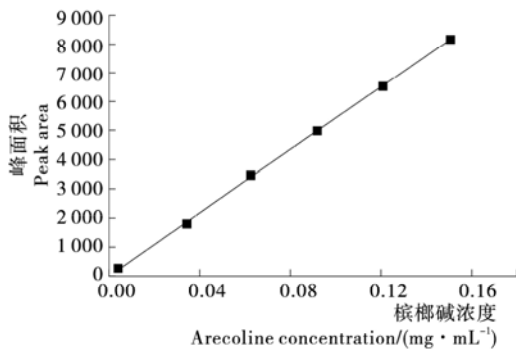


图 1 槟榔碱标准曲线

Figure 1 The standard curve of arecoline

2 结果与分析

2.1 对食用槟榔咀嚼性、碎渣性和槟榔碱含量的影响

水分对食用槟榔的咀嚼感、质地和口味有很大的影响,所以在对比不同软化方法之前,尽可能地避免因为水分的差异而影响试验结果。由表 2 可知,所有样品的水分含量均在(26±1)%,水分造成的影响不会太大。食用槟榔的咀嚼性指的是整个槟榔在口腔中咀嚼的感觉,槟榔过软和过硬都不好,过软的槟榔会没有咀嚼感,过硬的槟榔咀嚼起来又不舒服,如表 2 所示咀嚼性得分最高的是蒸、碱和微波处理,其他处理方法得分较低,彼此之间没有显著差异。食用槟榔的碎渣性指的是槟榔在咀嚼过程中碎小纤维脱落于口腔中影响食用口感,试验结果表明,最不容易碎渣的是对照样、煮和冷冻,其次是蒸、酶和酸,碱和微波处理是碎渣最严重的。通常碎渣性很严重的都是因为对纤维的破坏或软化过度。槟榔碱是存在于槟榔中的一种生物碱,是槟榔中主要的保健和药理活性成分^[21],在不同软化处理中,槟榔碱保留的最多的是对照和冷冻处理,其次是碱和酸处理、酶和微波处

表 2 软化方法对食用槟榔咀嚼性、碎渣性和槟榔碱含量的影响[†]

Table 2 Influence of different softening methods on the chewiness, slagging and the arecoline content of edible areca

组别	水分/%	咀嚼性	碎渣性	槟榔碱/%
对照	26.76±0.32 ^a	61.0±2.4 ^a	84.7±3.1 ^c	4.90±0.18 ^f
煮	26.08±0.44 ^a	62.3±4.0 ^a	80.7±3.3 ^c	3.33±0.11 ^a
蒸	26.10±0.43 ^a	88.1±3.5 ^b	73.3±5.9 ^b	3.66±0.14 ^b
碱	26.20±0.50 ^a	85.3±7.7 ^b	55.0±2.4 ^a	4.17±0.08 ^d
酸	26.77±0.42 ^a	66.7±2.3 ^a	70.9±6.0 ^b	4.14±0.11 ^d
微波	26.13±0.30 ^a	83.2±7.5 ^b	51.4±4.2 ^a	3.83±0.02 ^{bc}
酶	26.50±0.24 ^a	69.2±2.8 ^a	71.4±3.2 ^b	3.92±0.05 ^{cd}
冷冻	26.25±0.23 ^a	63.3±7.9 ^a	78.8±4.1 ^c	4.49±0.16 ^e

† 同列不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著,相同小写字母则差异不显著。

理,最后是蒸和煮,冷冻法对有效成分的保留作用非常大,碱和酸处理区别不大,微波和酶处理区别不大,蒸和煮的保留效果是最差的,可能是高温对槟榔碱的损失影响较大。

2.2 对食用槟榔 TPA 二次咀嚼测试结果的影响

TPA 测试结果主要是反映槟榔的质地软硬度和综合咀嚼感的客观指标分析,不同软化方法下食用槟榔的 TPA 测试结果见表 3。由表 3 可知,对照组硬度 1 和硬度 2 都最高,与实际情况相符,其次是煮、酸和冷冻,这 3 种方法对槟榔纤维的影响不是很大,最后是碱、蒸、微波和酶处理。在弹性方面,对照组最差,其他处理差异不显著。在咀嚼性方面,最大的是对照组和煮处理,其次是碱和冷冻处理,然后是酸和蒸处理,最后是微波和酶处理,咀嚼性是咀嚼槟榔时做的功,反映的是槟榔咀嚼时费不费力,软化效果最差的是煮和对照组,咀嚼时最费力,而软化效果最好的是微波和酶处理,咀嚼最轻松。

表 3 软化方法对食用槟榔 TPA 结果的影响[†]

Table 3 Influence of different softening methodson TPA result ofedible areca

组别	硬度 1/N	硬度 2/N	弹性/mm	咀嚼性/mJ
对照	358.1±87.6 ^c	305.0±78.2 ^c	5.50±0.80 ^a	878.9±318.0 ^d
煮	294.5±37.9 ^b	246.5±40.9 ^b	6.67±0.74 ^b	871.2±141.0 ^d
蒸	220.8±51.2 ^a	187.7±45.3 ^a	6.65±0.53 ^b	716.4±160.0 ^{ab}
碱	227.1±22.9 ^a	196.7±15.6 ^a	6.77±1.02 ^b	817.7±131.0 ^c
酸	273.9±47.6 ^b	229.7±34.6 ^b	6.20±0.62 ^b	747.2±133.0 ^b
微波	212.2±14.9 ^a	183.0±14.8 ^a	6.68±0.79 ^b	693.5±92.7 ^a
酶	203.8±27.8 ^a	174.7±27.5 ^a	6.75±0.40 ^b	688.3±113.0 ^a
冷冻	273.0±42.5 ^b	236.6±32.6 ^b	6.27±0.99 ^b	815.4±141.0 ^c

† 同列不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著,相同小写字母则差异不显著。

2.3 对食用槟榔五针穿刺测试结果的影响

穿刺测试结果反应的是槟榔纤维的松散度,也就是咀嚼时,槟榔的纤维能不能嚼散、嚼开,当槟榔纤维的松散度适中时,咀嚼起来的感觉会很好,如果松散过度则会没有嚼感,同时碎渣会比较严重,松散度不够,则会感觉很硬,牙齿负担很大。由表 4 可知,对照、煮和冷冻样品的硬度最大,其他处理方法硬度较低,彼此没有显著性差异。蒸处理是因为在高温高压作用下,槟榔纤维素聚合度下降,半纤维素部分降解,木质素软化,联结强度下降,起到了软化作用。酶处理因为水解了槟榔纤维、木质素和果胶等物质而破坏槟榔组织结构,导致其松散。碱和酸处理效果都是腐蚀表皮起到破皮作用,使得槟榔表皮结构松散。微波处理是内部水分子快速极性运动而急剧汽化,水在脱离槟榔时膨化了槟榔纤维,导致槟榔纤维结构松散^{[6]152-157}。在做功方面,对照、煮和冷冻组都比较高,咀嚼时比较费力,酸和碱处理其次,最不费力的是蒸、微波和酶。

表 4 软化方法对食用槟榔五针穿刺结果的影响[†]

Table 4 Influence of different softening methodson Five needles puncturing result ofedible areca

组别	硬度/N	做功/(N·mm)
对照	54.1±5.4 ^b	91.8±12.4 ^c
煮	53.9±12.6 ^b	87.9±23.7 ^c
蒸	45.6±10.3 ^a	68.1±17.5 ^a
碱	43.4±5.1 ^a	72.4±8.6 ^{ab}
酸	44.5±8.6 ^a	76.6±17.4 ^b
微波	40.4±10.3 ^a	68.6±19.0 ^a
酶	45.4±13.3 ^a	68.7±23.5 ^a
冷冻	53.1±10.0 ^b	89.1±14.4 ^c

† 同列不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著,相同小写字母则差异不显著。

2.4 对食用槟榔味觉指标的影响

图 2 和表 5 是软化方法对食用槟榔味觉指标的影响结果,其反映的是软化方法对食用槟榔口感风味的影响。在 TS-5000Z 味觉分析系统中,如果味觉指标值<1,则可以认为是无法感知味觉差异的^[22],在甜味指标上,可以看出,几种不同的软化方法没有差异。在酸味指标上,碱处理

的最低,酸处理的最高;煮和蒸处理对去除槟榔的酸味有一定作用,可能是在高温下促进了槟榔中酸性物质的溶出;酶处理对去酸味有微弱的影响;冷冻几乎没有改变。在咸味指标上,除了碱处理以外,其他几种方法对咸味没有影响,而碱处理可能是加入了 Na⁺ 增加了槟榔的咸味。在鲜味和鲜味回味指标上,因为 Na⁺ 的缘故还是碱处理的最高,煮、蒸和微波 3 种高温处理法对鲜味有破坏作用,其他几种方法影响不大。在苦味和苦味回味指标上,最苦的是碱处理,可能是 NaOH 所带来的碱苦味所致,其次是酸处理,加入的酸使得苦味更加突出,煮和蒸对去槟榔苦味有一定的帮助,其他几种方法对苦味影响不大。在涩味和涩味回味指标上,碱处理的最高,是碱带来的涩味,煮和蒸对去涩味有明显的帮助,酶处理对去涩味有微弱的帮助,其他几种方法没有影响。从行业的实际情况来看,槟榔中酸、苦、苦味回味、涩和涩味回味这几个味觉指标是越小越好(人们常说的槟榔酸涩味、苦涩味太重,不好吃)。鲜味和咸味是最近槟榔行业中所引入的元素,以前制作槟榔主要注重甜、凉和香,现在槟榔的鲜味也是重要的指标,而咸味主要用于生津,但是咸味和鲜味也不是越重越好,甜味是槟榔最重要的味觉指标,一般槟榔所用甜味剂的甜度会是同质量蔗糖的 220~340 倍,在要求范围内一般值越高越好。

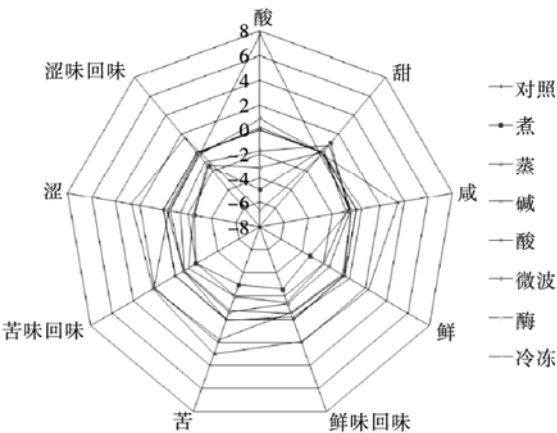


图 2 不同软化方法下食用槟榔味觉雷达图

Figure 2 Taste index radar chart of edible areca by different softening method

表 5 软化方法对食用槟榔味觉指标的影响

Table 5 Influence of different softening methodson taste index ofedible areca

组别	酸	甜	咸	鲜	鲜味回味	苦	苦味回味	涩	涩味回味
对照	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
煮	-4.93	0.98	-0.62	-3.29	-2.57	-2.93	-1.95	-2.57	-1.42
蒸	-3.08	0.14	-0.86	-1.97	-1.47	-1.95	-1.25	-2.45	-1.30
碱	-6.68	-0.18	3.46	2.23	1.88	3.00	2.14	2.71	1.57
酸	7.74	-0.29	-0.41	-0.18	-0.62	1.74	2.06	-0.42	-0.23
微波	0.92	-0.09	-0.49	-1.49	-1.39	-0.65	-0.76	-0.54	-0.24
酶	-1.73	0.79	-0.46	-0.08	-0.52	-0.77	-0.84	-1.38	-0.99
冷冻	0.21	-0.04	0.45	0.44	-0.21	0.05	-0.78	-0.26	-0.09

3 结论

本试验通过不同软化方法处理食用槟榔,考察各软化方法对食用槟榔咀嚼性、碎渣性、槟榔碱含量、TPA 测试结果、五针穿刺结果和味觉指标的影响。研究发现蒸、微波和酶处理的软化效果最佳,对槟榔的综合口感影响较小,但槟榔碱损失严重。碱处理的软化效果很好,槟榔碱的保留效果也好,但对槟榔的综合口感是有利有弊。煮处理的软化效果很差,槟榔碱损失严重,但对口感风味有帮助。酸处理的软化效果很差,对口感风味有负面影响,但槟榔碱保留率较高,冷冻处理与对照组几乎没有差别。

本研究为行业软化技术加工的应用提供了理论依据,蒸、微波、酶和碱处理具有软化效果显著,同时对风味影响较小等特点,更适合应用于实际生产。

参考文献

- [1] 蒋志, 陈其城, 曹立幸, 等. 槟榔及其活性物质的研究进展[J]. 中国中药杂志, 2013, 38(11): 1 684-1 687.
- [2] 覃伟权, 范海阔. 槟榔[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2010: 125.
- [3] LI Chuan-bao, YANG Xiao, TANG Wen-bo, et al. Arecoline excites the contraction of distal colonic smooth muscle strips in rats via the M_3 receptor-extracellular Ca^{2+} influx- Ca^{2+} store release pathway[J]. Canadian Journal Physiology & Pharmacology, 2010, 88(4): 439.
- [4] HUANG L W, HSIEH B S, CHENG L, et al. Arecoline decreases interleukin-6 production and induces apoptosis and cell cycle arrest in human basal cell carcinoma cells[J]. Toxicology & Applied Pharmacology, 2012, 258(2): 199-207.
- [5] BHANDARE A M, KSHIRSAGAR A D, VYAWAHAREN S, et al. Potential analgesic, anti-inflammatory and antioxidant activities of hydroalcoholic extract of Areca catechu, L. nut[J]. Food & Chemical Toxicology, 2010, 48(12): 3 412.
- [6] 朱利明. 寻味槟榔[M]. 长沙: 湖南人民出版社, 2010.
- [7] CHATRCHAIWIWATANA S. Factors affecting tooth loss among rural Khon Kaen adults: analysis of two data sets[J]. Public Health, 2007, 121(2): 106-112.
- [8] REICHART P A, NGUYENX H. Betel quid chewing, oral cancer and other oral mucosal diseases in Vietnam: a review[J]. Journal of Oral Pathology & Medicine, 2008, 37(9): 511-514.
- [9] JAVED F, CHOTAI M, MEHMOOD A, et al. Oral mucosal disorders associated with habitual gutka usage: a review[J]. Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology & Endodontics, 2010, 109(6): 857-864.
- [10] 徐远芳, 邓钢桥, 邹朝晖, 等. 食用槟榔纤维对口腔的危害及其软化技术研究进展[J]. 湖南农业科学, 2012(13): 102-104.
- [11] 姚东云, 高亚玲, 韩继红, 等. 槟榔软化工艺的研究进展[J]. 中国医药指南, 2011, 9(29): 229-230.
- [12] 文友模, 陈燕. 槟榔软化加工方法探讨与改进[J]. 中国医疗前沿, 2007, 2 (23): 101.
- [13] 李智, 徐欢欢, 邓建阳, 等. 高温干蒸工艺软化槟榔及其灭菌效果研究[J]. 食品与机械, 2015, 31(4): 194-197.
- [14] 何京亮, 李忠海, 周文化. 抗粉碎度比较评价软化槟榔壳硬度的研究[J]. 食品与机械, 2009, 25(2): 48-51.
- [15] 何京亮. 食用槟榔酶法软化技术研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2009.
- [16] 吴硕, 李宗军, 谭雅, 等. 槟榔干果的杀青软化及辐照保藏研究[J]. 核农学报, 2017, 31(4): 711-718.
- [17] RAJAN A, KURUP J G, ABRAHAM T E. Biosoftening of arecanut fiber for value added products[J]. Biochemical Engineering Journal, 2005, 25(3): 237-242.
- [18] 段维发. 槟榔真空发酵浸渍加工方法: 中国, 200310120823 [P]. 2004-12-15.
- [19] 李卫, 郑成. 高压耦合酶解技术软化槟榔壳的研究[J]. 广东化工, 2007, 34(5): 23-25.
- [20] 巢雨舟, 夏延斌, 赵志友, 等. 食用槟榔超声酶解软化工艺优化[J]. 农产品加工, 2016(21): 14-17.
- [21] 罗士数. 槟榔中槟榔碱的提取分离及其活性研究[D]. 海口: 海南大学, 2011: 1-6.
- [22] 耿利华, 李扬, 詹浩宇, 等. 食品的味觉分析[J]. 中国食品添加剂, 2012(S1): 209-214.
- [10] 钱革兰, 崔政伟. 响应面分析热风微波耦合干燥胡萝卜片的形变[J]. 食品与机械, 2011, 27(3): 38-41.
- [11] 易翠平, 钟春梅. 鲢鱼的脂肪含量测定及脂肪酸成分分析[J]. 食品科学, 2013, 34(14): 255-258.
- [12] UPINSKA A, KOZIO A, ARASZKIEWICZ M, et al. The changes of quality in rapeseeds during microwave drying[J]. Drying Technology, 2009, 27(7/8): 857-862.
- [13] 邓乾春, 禹晓, 许继, 等. 取不同芥酸含量菜籽油对高脂模型大鼠血脂和抗氧化能力的影响[J]. 中国食品学报, 2014, 14 (10): 23-28.
- [14] 刘大川. 油菜籽加工新技术及深度开发[J]. 农村新技术, 2011 (6): 28-31.

(上接第183页)

- [5] 廖庆喜, 舒彩霞, 余礼明. 微波干燥油菜籽的可行性探讨[J]. 食品与机械, 1999(2): 15-16.
- [6] 胡小泓, 梅亚丽, 李丹. 微波处理油菜籽对油脂品质影响的研究[J]. 食品科学, 2006, 27(11): 372-374.
- [7] 杨国峰, 丁超, 蔡浩飞, 等. 油菜籽干燥技术研究进展[J]. 中国粮油学报, 2012, 27(5): 124-128.
- [8] 廖庆喜, 舒彩霞, 伍冬生. 微波干燥对油菜籽种用价值及品质特性的影响[J]. 农业机械学报, 2000, 31(1): 69-71.
- [9] 孙卓, 王勤志, 滕建文, 等. 半干鸭肉粒热风与微波联合干燥工艺研究[J]. 食品与机械, 2013, 29(3): 230-233, 237.