核农学报 2017,31(4):0711~0718
Journal of Nuclear Agricultural Sciences

文章编号:1000-8551(2017)04-0711-08

槟榔干果的杀青软化及辐照保藏研究

吴 硕[1,2] 李宗军[1,*] 谭 雅[1] 杜 莎[1] 黄润庭[1] 伍 婧[1]
([1] 湖南农业大学食品科学技术学院,湖南 长沙 410128;[2] 海南联合槟榔产业工程研究中心,海南 海口 570100)

摘 要:为了改善槟榔干果品质并延长其储存时间,在单因素试验基础上,以槟榔杀青时间、酶解温度、酶解时间和酶添加量为自变量,采用正交试验优化槟榔的杀青软化工艺,并通过对比槟榔干果菌落总数和储存时间探究辐照处理对槟榔干果保藏的影响。结果表明,在杀青时间25min、酶解温度50℃、酶解时间0.5 h和酶添加量0.08%的工艺条件下,槟榔硬度及咀嚼性显著降低,最大硬度值变化为20.5 HRC,品质较好;8~10kGy辐照剂量可杀灭槟榔干果中的微生物,并使槟榔干果储存时间延长2个月。本试验结果为提升槟榔干果品质和保藏效果提供了一定的理论依据。
关键词:槟榔;杀青;软化;辐照
DOI:10.11869/j.issn.100-8551.2017.04.0711

槟榔(*Areca catechu* L.)是棕榈科植物,属常绿乔木,其果实呈长圆形或卵球形,主产于东南亚沿海地区,在我国海南和台湾也有大量出产[1-2]。槟榔在我国主要是食用和药用,在药用方面,槟榔具有灭螺、驱虫、灭虫、抑菌、促消化等作用[3-5];作为食品,槟榔绝大部分是以咀嚼片的形式消费,由于其独特的风味和良好的咀嚼性,深受广大消费者的喜爱[6]。目前,槟榔已成为仅次于尼古丁、乙醇和咖啡因的世界第四大嗜好物品[7]。我国食用槟榔加工分为初加工和深加工,由于槟榔成熟期在8~12月,初加工一般在下半年进行,而且初加工后的槟榔干果是深加工的原材料,因此,槟榔干果的品质和保藏时间对槟榔后续加工具有重大意义。

研究认为,食用槟榔对口腔有危害作用,长期嚼食槟榔会损害口腔硬组织和软组织,导致口腔黏膜下纤维性变等;同时,槟榔纤维过硬也会影响产品的口感,因此在槟榔加工工艺中增加软化工艺对提升槟榔品质起重要作用[8-10]。目前有关槟榔纤维软化研究都是以槟榔干果为原料[11-13],而对槟榔初加工阶段进行软化的研究尚未见报道。

近年来辐照作为冷杀菌处理技术在食品保藏中广泛应用。大量研究表明,电子束辐照加工可以有效杀灭食品中的病原微生物并延长货架期[14-17],但采用电子束辐照保藏槟榔干果的研究鲜见报道。本研究采用正交试验对槟榔杀青软化工艺进行优化,通过对比槟榔干果硬度和咀嚼性进行品质分析,并对槟榔干果进行电子束辐照,对比辐照对不同水分含量的槟榔干果的灭菌效果和储存时间,旨在对食用槟榔初加工进行工艺优化,为食用槟榔深加工提供优质原材料。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

槟榔鲜果,海南省万宁市采购;槟榔软化复合酶(酶活:$10wU\cdot g^{-1}$),海南联合槟榔产业工程研究中心配制。

KW-1000DA数显恒温水浴锅,上海浦东物理光学仪器厂;TA.XT.plus物性测试仪,上海仪电科学仪器股份有限公司;LX-D数显邵氏硬度计,东莞市豪恩检测仪器有限公司;EPS-302电子天平,长沙湘平科技发展有限公司;实验用环保型槟榔熏烤炉,万宁宾萃科技有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 **样品处理** 挑选大小形态均一、颜色鲜绿、无

收稿日期:2016-04-01 接受日期:2016-07-18
基金项目:海南省重大科技专项(ZDKJ2016003-02)
作者简介:吴硕,女,主要从事食品生物技术研究。E-mail:381391812@qq.com
* 通讯作者:李宗军,男,教授,主要从事食品生物技术研究。E-mail:hnlizongjun@163.com

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

霉变破败带果蒂的槟榔鲜果，洗净后在沸水中煮制杀青，随后进行酶解处理(酶添加量按照槟榔与溶液质量之和的百分比计算)。槟榔酶解后经沸水漂洗 3 次使酶失活并捞出晾干，置于槟榔熏烤炉干燥。为确保槟榔干果质量，整果干燥至含水率为 20% ±2%，用于质构测试和硬度测量。其中对照组(CK)为经过杀青但未酶解软化的槟榔干果，即市场上普遍的槟榔干果。

1.2.2 单因素试验 以槟榔干果质构指标和硬度值变化为评价指标，选择杀青时间、酶添加量、酶解温度和酶解时间 4 个因素进行单因素试验。

1.2.2.1 杀青时间对槟榔干果品质的影响 杀青时间设置为 0、10、15、20、25、30、35 min，杀青后酶解处理，酶添加量为 0.08%，酶解温度为 50 ℃，酶解时间为 3 h。

1.2.2.2 酶添加量对槟榔干果品质的影响 杀青时间为 25 min，杀青后酶解处理，酶添加量为 0.04%、0.08%、0.12%、0.16%、0.20%，酶解温度为 50 ℃，酶解时间为 3 h。

1.2.2.3 酶解温度对槟榔干果品质的影响 杀青时间 25 min，杀青后酶解处理，酶添加量为 0.08%，酶解温度为 40、45、50、55、60 ℃，酶解时间为 3 h。

1.2.2.4 酶解时间对槟榔干果品质的影响 杀青时间 25 min，杀青后酶解处理，酶添加量为 0.08%，酶解温度为 50 ℃，酶解时间分别为 0.5、1.0、1.5、2.0、2.5、3.0 h。

1.2.3 正交试验 以槟榔干果硬度值变化作为评价指标，槟榔干果硬度值变化越大说明软化效果越好，能更有效减少槟榔纤维对口腔的刺激，具有较高的品质[18]。根据单因素试验结果，选择杀青时间、酶添加量、酶解温度和酶解时间 4 个因素进行正交试验。因素水平见表 1。

表 1 正交试验因素水平表

Table 1 Factors and levels used in orthogonal array design

水平 Level	杀青时间 A Boiling time/min	酶添加量 B Enzyme dosage/%	酶解温度 C Enzyme temperature /℃	酶解时间 D Enzyme time /h
1	20	0.04	45	0.5
2	25	0.08	50	1.0
3	30	0.12	55	1.5

1.2.4 指标测量

1.2.4.1 质构测量 将每组槟榔样品的槟榔壳切成 1cm × 1cm 大小，取 6 块平铺置于探头下，选用质构特性(texture profile analysis，TPA)模式测量，测量指标为压力、弹性、粘性和咀嚼性。测量速度为 5 mm·s^{-1}，测量模式为 strain、10%。每组测量 3 个样品，取平均数。

1.2.4.2 硬度测量 选用硬度计对槟榔表面 6 个不同点进行硬度测量，每组测量 5 个样品，取平均值。槟榔硬度值变化 = 对照组硬度 - 试验组硬度。

1.2.4.3 质构成分的主成分分析 将试样所测得的质构数据进行标准化，通过软件 SPSS 19.0 计算特征值和方差贡献率，再通过计算主成分载荷得到主成分得分模型。

1.2.5 槟榔干果辐照试验 将水分含量为 13%、21% 和 29% 的槟榔干果采用自封袋独立包装，每袋 300 颗左右，在山东蓝孚高能物理技术有限公司采用电子加速器分组辐照，辐照剂量分别为 2、4、6、8、10、50 kGy。辐照后寄送至湖南农业大学，参照 GB 4789.2 -2010[19] 测定干果中的菌落总数。

辐照后的槟榔干果样品采用普通包装置于室温保藏 12 个月，每隔 3 d 进行观察，记录其出现霉菌斑点的时间。

1.3 数据处理

试验数据用 Excel 2007、SPSS 19.0 以及 Origin 8.0 软件进行分析处理。采用单因素方差分析和无重复双因素方法进行差异分析，其中 $p < 0.05$ 为差异显著。

2 结果与分析

2.1 杀青时间对槟榔质构特性和硬度的影响

槟榔是多孔性物料，有大量毛细管[20]，经过杀青的槟榔在干燥过程中可以快速将毛细管壁内结合水分除去。由表 2 可知，未经杀青的槟榔(0 min)咀嚼性高于 CK，且形态呈鼓胀型，与市场要求严重不符，因此杀青对食用槟榔干果品质有重要影响。杀青时间对槟榔干果压力和粘性有显著影响，对咀嚼性和弹性有极显著影响。杀青时间小于 25 min，槟榔干果咀嚼性随着杀青时间的缩短而增加，杀青时间大于 25 min，槟榔干果咀嚼性随着杀青时间的增加而增加，杀青时间为 25 min 时，槟榔咀嚼性最小，且与其他组差异显著。杀青时间为 10 min 时，由于槟榔煮制时间过短，槟榔未杀青完全，导致干燥时间增加，槟榔表面硬化程度偏大，干燥后槟榔干果品质不佳，不能作为深加工原料。

由图 1 可知，杀青时间为 25 min 时，槟榔硬度值变化最大；杀青时间小于 25 min 时，槟榔硬度值变化

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

随着杀青时间的增加而增加，且硬度值变化偏大；超过 25 min 后，槟榔硬度值变化随着杀青时间的增加而减小。综上，槟榔干果硬度值变化越大，咀嚼性越小，品质越高。

表 2　杀青时间对槟榔质构特性的影响

Table 2　TPA test result of betel nut under different boiling time

杀青时间 Boiling time/min	压力 Force/N	弹性 Springiness/mm	粘性 Gumminess/mJ	咀嚼性 Chewiness/N
对照 CK	6.34 ±0.07a	25.56 ±0.13a	6.64 ±0.04b	186.50 ±0.54b
0	6.11 ±0.43d	22.45 ±0.95bc	8.26 ±0.32a	212.34 ±0.76a
10	6.20 ±0.12ab	18.14 ±0.06fg	6.21 ±0.08bc	175.57 ±0.33bc
15	6.13 ±0.10bc	18.87 ±0.34f	5.44 ±0.15ef	141.60 ±0.46de
20	5.99 ±0.11ef	21.08 ±0.52de	6.03 ±0.16bcd	137.84 ±0.43ef
25	5.76 ±0.12fg	17.56 ±0.11fgh	4.90 ±0.29h	94.45 ±0.24h
30	5.59 ±0.22gh	21.93 ±0.12bcd	5.43 ±0.44efg	136.50 ±0.17fg
35	6.01 ±0.17de	23.05 ±0.24b	5.71 ±0.34de	153.50 ±0.37d
p 值 p value	0.0020**	0.0004**	0.0010**	0.0001**

注：同列不同字母表示差异显著（$p<0.05$）；** 表示在 0.01 水平上差异显著。下同。

Note: Different letters in same column mean significant difference at 0.05 level. ** mean significant difference at 0.01 level. The same as following.

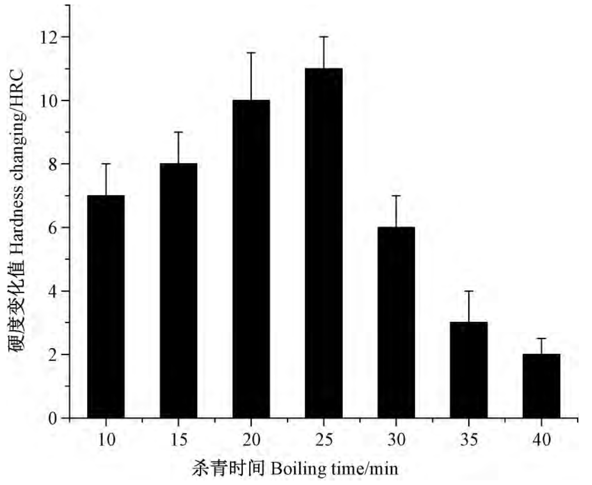

图 1　不同杀青时间对槟榔硬度值变化的影响

Fig. 1　Effect of different boiling time of betelnut hardness changing

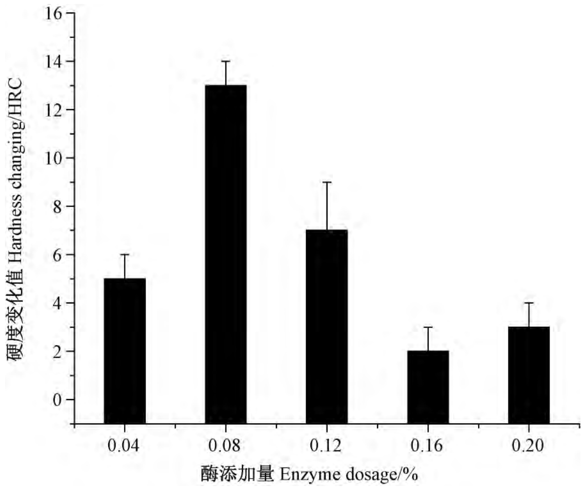

图 2　不同酶添加量对槟榔硬度值变化的影响

Fig. 2　Effect of different enzyme dosage of betelnut hardness changing

2.2　酶添加量对槟榔质构特性和硬度的影响

由表 3 和图 2 可知，酶添加量对槟榔干果咀嚼性和弹性有极显著影响，试验组的弹性和咀嚼性与 CK 相比差异显著；各试验组槟榔干果的咀嚼性和弹性也具有显著差异。在酶添加量为 0.08% 时，槟榔咀嚼性最低，同时槟榔硬度值变化最大；当酶添加量达到 0.12% 时，槟榔干果出现掉渣现象，虽然其咀嚼性与 CK 相比有所下降，但此时的槟榔干果已经不适宜食用，这可能是由于酶解过度，干燥后的槟榔中水分含量减少，纤维断裂重排[21]。

2.3　酶解温度对槟榔质构特性和硬度的影响

由表 4 和图 3 可知，酶解温度对槟榔干果咀嚼性、弹性和粘性均有极显著影响，且不同酶解温度组间差异显著。当酶解温度为 50 ℃时，槟榔咀嚼性最低，同时槟榔硬度值变化最大；当酶解温度为 40 ~ 50℃时，槟榔咀嚼性随着酶解温度的升高而降低，硬度值变化增大，酶解温度升高使酶活性增加，加快了酶解反应速度和纤维素的降解，且水热处理能够有效去除半纤维素组分，进而显著降低半纤维素对纤维素的酶解抑制作用[22]；当酶解温度大于 50℃时，随着酶解温度的升

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 3 酶添加量对槟榔质构特性的影响

Table 3 TPA test result of betelnut under different enzyme dosage

酶添加量 Enzyme dosage/%	压力 Force/N	弹性 Springiness/mm	粘性 Gumminess/mJ	咀嚼性 Chewiness/N
对照 CK	6. 34 ±0. 07a	25. 56 ±0. 13a	6. 64 ±0. 04a	186. 50 ±0. 54a
0. 04	6. 16 ±0. 32abc	18. 14 ±0. 18cd	5. 67 ±0. 34de	106. 64 ±0. 34d
0. 08	5. 79 ±0. 43ef	16. 07 ±0. 32e	5. 01 ±0. 12f	87. 00 ±0. 32f
0. 12	6. 21 ±0. 12ab	15. 49 ±0. 13ef	5. 91 ±0. 12cd	101. 11 ±0. 34de
0. 16	5. 99 ±0. 19de	19. 01 ±0. 14b	6. 11 ±0. 16bc	135. 22 ±0. 16b
0. 20	6. 01 ±0. 10d	18. 57 ±0. 08c	6. 49 ±0. 09ab	130. 77 ±0. 22bc
p 值 *p* value	0. 3700	0. 0001**	0. 0180*	0. 0006**

表 4 酶解温度对槟榔质构特性的影响

Table 4 TPA test result of betelnut under different enzyme temperature

酶解温度 Enzyme temperature/℃	压力 Force/N	弹性 Springiness/mm	粘性 Gumminess/mJ	咀嚼性 Chewiness/N
对照 CK	6. 34 ±0. 07a	25. 56 ±0. 13a	6. 64 ±0. 04a	186. 50 ±0. 54a
40	6. 33 ±0. 13ab	23. 15 ±0. 34ab	6. 29 ±0. 12bc	154. 55 ±0. 68b
45	6. 01 ±0. 23cd	17. 81 ±0. 34e	5. 69 ±0. 25e	128. 64 ±0. 47d
50	6. 00 ±0. 05cde	14. 93 ±0. 22f	6. 14 ±0. 23bcd	101. 63 ±0. 25f
55	5. 84 ±0. 24f	19. 60 ±0. 192cd	5. 54 ±0. 08ef	115. 71 ±0. 34e
60	6. 10 ±0. 42c	21. 32 ±0. 24bc	6. 29 ±0. 15b	151. 54 ±0. 35bc
p 值 *p* value	0. 254	0. 0005**	0. 008**	0. 0002**

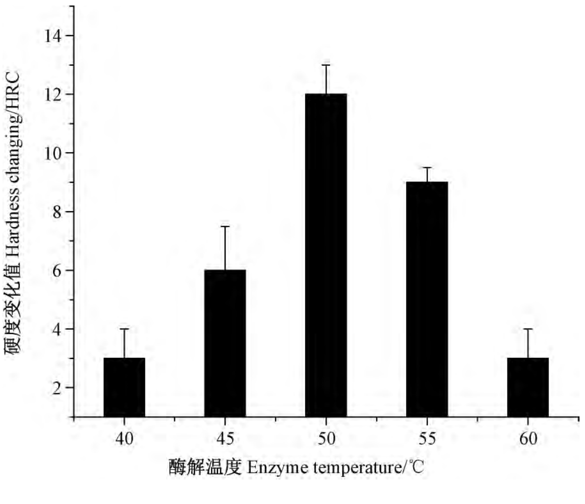

图 3 不同酶解温度对槟榔硬度值变化的影响

Fig. 3 Effect of different enzyme temperature of betelnut hardness changing

高，复合酶中部分酶蛋白失活[23]，酶解反应速度降低，软化效果减弱。

2. 4 酶解时间对槟榔质构特性和硬度的影响

由表 5 和图 4 可知，酶解时间对槟榔干果质构特性有显著影响，其中对咀嚼性和弹性有极显著影响。不同酶解时间组间差异显著，当酶解时间为 1 h 时，槟榔咀嚼性最低，同时槟榔硬度值变化最大，与 CK 相比，槟榔干果咀嚼性降低了 1/2，软化效果显著; 酶解时间为 0. 5 ~1. 0 h 时，复合酶对槟榔作用效果明显，硬度值变化显著，咀嚼性降低; 当酶解时间为 1 h 时，随着槟榔中可酶解的基团减少，部分酶失活，软化效果减弱; 当酶解时间为 1. 0 ~2. 0 h 时，软化效果趋于平稳; 当酶解时间大于 2 h 时，软化效果降低，这可能是由于酶解时间过长，经过干燥后，纤维断裂并重新排列，增加了其咀嚼性。

2. 5 质构指标的主成分分析

为了解质构指标对槟榔干果咀嚼性能的影响，本试验采用主成分分析法确定影响槟榔干果质构的主要因素，其中 X_1、X_2、X_3、X_4 分别为压力、弹性、粘性和咀嚼性。

由表 6 可知，主成分 1 的特征值大于 1，其累积方差贡献率为 70. 209%。表 7 反映了各指标对主成分的贡献率的大小，其中弹性(X_2) 与咀嚼性(X_4) 有较高载荷，相关性强，说明对槟榔干果质构影响最大的指标为咀嚼性，其次是弹性。建立主成分与槟榔干果 TPA

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 5 酶解时间对槟榔质构特性的影响

Table 5 TPA test result of betelnut under different enzyme time

酶解时间 Enzyme time/h	压力 Force/N	弹性 Springiness/mm	粘性 Gumminess/mJ	咀嚼性 Chewiness/N
对照 CK	6.34 ±0.07c	25.56 ±0.13a	6.64 ±0.04b	186.50 ±0.54a
0.5	7.08 ±0.11ab	17.37 ±0.24e	7.17 ±0.34a	135.43 ±0.23c
1.0	5.62 ±0.23de	17.32 ±0.23ef	5.32 ±0.32h	97.15 ±0.22fh
1.5	5.53 ±0.04ef	18.07 ±0.14cd	5.65 ±0.12ef	102.47 ±0.45ef
2.0	5.81 ±0.16de	17.09 ±0.21h	6.07 ±0.23d	109.45 ±0.34e
2.5	7.13 ±0.03a	18.89 ±0.04c	5.92 ±0.11de	125.29 ±0.23d
3.0	5.96 ±0.32d	20.88 ±0.34b	6.58 ±0.13bc	146.54 ±0.32b
p 值 $p$value	0.0010 **	0.0002 **	0.0040 **	0.0008 **

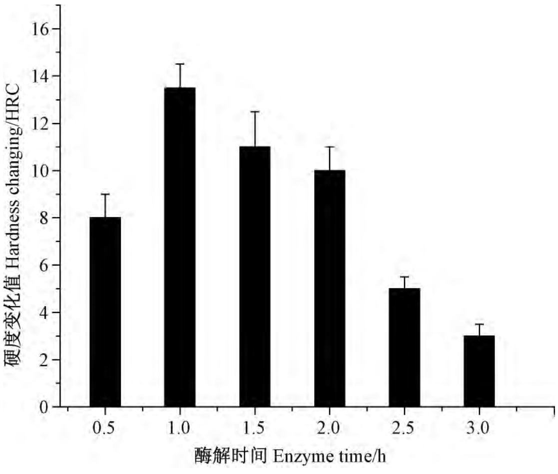

图 4 不同酶解时间对槟榔硬度值变化的影响

Fig. 4 Effect of different enzyme time of betelnut hardness changing

表 6 槟榔干果 TPA 分析的各成分特征值与方差贡献率

Table 6 Total variance explained for TPA analysis of betelnut

成分 Component	特征值 Total	方差贡献率 Variance/%	累积方差贡献率 Cumulative/%
1	2.808	70.209	70.209
2	0.683	17.066	87.275
3	0.493	12.335	99.610
4	0.160	0.390	100.000

表 7 主成分载荷矩阵

Table 7 The component matrix

指标 Index	成分系数 Component coefficient
X_1	0.738
X_2	0.914
X_3	0.690
X_4	0.976

质构指标之间的表达式：$F = 0.440X_1 + 0.545X_2 + 0.412X_3 + 0.582X_4$，式中，$F$ 表示主成分综合模型。通过计算综合主成分值，可对槟榔干果样品进行综合评价比较。

2.6 正交试验结果

由表 8 可知，影响槟榔硬度值变化的因素主次顺序为 $A > B > D > C$，即杀青时间 > 酶添加量 > 酶解时间 > 酶解温度。由表 9 可知，各因素的 df 均为 2，表示 4 个因素对硬度值变化影响均不显著，因此可不进行各因素水平间的多重比较，最优水平组合为表 8 中平均数大的水平组合。根据硬度值变化得到优化水平组合为 $A_2B_2C_2D_1$，即杀青时间 25 min，酶添加量 0.08%，

表 8 正交试验方案及结果

Table 8 Orthogonal array design scheme and results

试验号 Number	A	B	C	D	硬度值变化 Hardness changing/HRC
1	1	1	1	1	7 ±0.5
2	1	2	2	2	11 ±0.5
3	1	3	3	3	4 ±0.5
4	2	1	2	3	7 ±0.5
5	2	2	3	1	13 ±0.5
6	2	3	1	2	8 ±1.0
7	3	1	3	2	2 ±0.5
8	3	2	1	3	6 ±0.5
9	3	3	2	1	3 ±0.5
k_1	7.33	5.33	7.00	7.67	
k_2	9.33	10.00	7.00	7.00	
k_3	3.67	5.00	6.33	5.67	
R	5.67	5.00	0.67	2.00	

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表9 正交试验结果方差分析

Table 9 Analysis of variance for the results of orthogonal array design

指标 Index	因素 Factor	偏差平方和 SS	自由度 *df*	$F_{比}$	$F_{临界值}$
硬度值变化 Hardness changing	*A*	49.556	2	1.914	4.460
	B	46.889	2	1.811	4.460
	C	0.889	2	0.034	4.460
	D	6.222	2	0.240	4.460

酶解时间0.5 h,酶解温度50℃,在此条件下进行3次验证试验,得到最大硬度值变化为20.5 HRC,大于试验组中的硬度值变化,因此,该组合为最佳选择。

2.7 槟榔辐照保藏研究

由表10可知,槟榔干果菌落总数随着辐照剂量的增加而减少,说明辐照可以有效灭菌。槟榔干果13%含水量组由于水分含量较低,本身含菌量较低,6 kGy辐照剂量便可以有效杀灭其中的微生物;21%含水量组和29%含水量组在经过辐照后,菌落总数的指数级降低,灭菌效果较好。此外,不同水分含量的槟榔干果经过辐照后,菌落总数差异较大,水分含量越低,菌落总数越低。

表10 辐照对不同含水量槟榔干果微生物菌落总数的影响

Table 10 Effect of irradiation on total number of colonies of different water content betelnut /(cfu·g^{-1})

辐照剂量 Irradiation dose/kGy	含水量 Moisture content/%		
	13	21	29
0	400	1 700	2 500
2	90	160	560
4	40	90	300
6	<10	70	80
8	<10	<10	70
10	30	<10	70
50	<10	<10	40

由表11可知,槟榔干果水份含量低虽有利于储存,但会造成槟榔硬度过高、扎口,有损口感且不利于口腔健康,因此,延长高水分含量槟榔干果的储存时间具有重大意义。辐照可有效延长槟榔干果的储存时间,水分含量越低,辐照剂量越大,储存效果越好。水分含量为13%时,低剂量辐照对槟榔菌落总数影响很小,这是由于干燥的环境不利于微生物生长,在未经辐照的情况下也能保持较长的储存时间。经观察,槟榔发生霉变后霉菌扩散迅速,因此优选可完全杀灭微生物的辐照剂量。以目前深加工普遍采用的槟榔干果含水量20%~22%为标准,根据GB/T 18524-2001[24]的规定,辐照食品累计吸收剂量不得大于10kGy,8~10kGy辐照剂量为优选剂量,该剂量能有效灭菌并延长槟榔存储时间,且对槟榔品质无明显影响。

表11 辐照对不同含水量槟榔干果存储时间的影响

Table 11 Effect of irradiation dose on the storage period of different water content betelnut /d

辐照剂量 Irradiation dose/kGy	含水量 Moisture content/%		
	13	21	29
0	180	25	8
2	180	46	12
4	180	55	25
6	180	70	55
8	210	90	60
10	240	120	70
50	300	150	120

3 讨论

在槟榔软化方面,酶解法效果优于物理法和化学法[25],故本试验在槟榔初加工阶段进行水煮杀青和酶解软化,其中在杀青软化工艺过程中影响槟榔干果品质的因素依次为:杀青时间、酶添加量、酶解时间、酶解温度,这4个因素对槟榔干果弹性、粘性和咀嚼性均有显著影响;对质构指标进行主成分分析,结果表明,影响槟榔干果质构特性的主要指标为咀嚼性和弹性。这与李梁等[26]研究发现槟榔干果硬度与咀嚼性呈极显著正相关的结果相似。对杀青软化工艺条件进行正交试验,最终确定其工艺条件为杀青时间25 min,酶添加量0.08%,酶解时间0.5 h,酶解温度50 ℃,在此条件下槟榔干果硬度值变化较大,软化程度较好,减少了食用者在咀嚼槟榔时槟榔纤维对口腔的伤害,提升了口感,这与娄正等[27]研究发现杀青是槟榔干燥前的重要步骤,且最佳水热预处理时间为10 min,温度为100℃的结果相似;与李卫等[28]和何京亮[29]发现槟榔干果的最佳酶解软化时间为5 h左右的研究结果相比,最佳酶解时间差异较大,原因可能是由于本试验是在槟榔干燥工艺之前进行酶解软化,纤维结构较疏松,更利于酶解。

本试验结果表明,50 kGy剂量辐照后,槟榔干果

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

(29% 含水量的干果) 中的微生物菌落总数为 40 cfu·g^{-1},这与理论不符,可能是辐照后运输过程中包装破损导致微生物二次污染,或者是包装尺寸不合适出现辐照不均匀。此外,本研究发现 8 ~ 10kGy 辐照剂量的效果较好,且对槟榔品质不会有明显影响,这与徐远芳等[30]的结果一致,但其食用槟榔成品菌落总数高于本研究的槟榔干果,究其原因是因为本研究使用的槟榔干果经过高温杀青,且干燥过程为封闭状态,无外来微生物污染,而前人使用的食用槟榔成品由槟榔干果经过深加工发籽、表香、人工切片等多道工艺加工而成,这些加工过程导致微生物繁殖生长。李智等[31]进行高温干蒸工艺软化槟榔及其灭菌效果的研究,结果表明 0.05 MPa、110℃、15 min 的高温干蒸工艺处理有良好的软化和减菌效果,但不能将槟榔中的微生物全部杀死,其灭菌效果弱于本研究的辐照灭菌效果。经对此,本研究的辐照灭菌效果较好且辐照灭菌过程更便利。

4 结论

槟榔鲜果经 25 min 杀青和酶添加量 0.08%、酶解时间 0.5 h、酶解温度 50 ℃的条件处理,干燥后的干果咀嚼性和硬度显著降低,咀嚼口感和食用品质得到提高,软化过程简单易操作,减少了在深加工过程软化槟榔干果对槟榔营养物质的损耗和工艺能耗;8 ~ 10 kGy 的电子束辐照剂量能有效灭菌并延长槟榔干果保质期,降低高温高湿的储存环境和运输过程导致槟榔干果发生霉变的风险,这为槟榔后续的加工提供了支持。

参考文献:

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典 [M]. 一部. 北京: 化学工业出版社,2005: 253 – 254

[2] 王友水,蒋小平,刘亮. 食用槟榔的研究进展 [J]. 实用预防医学, 2007,14(3):942 – 944

[3] 张爱华,李立,何昌浩,吴骁伟, 彭丰,何琼. 低浓度槟榔碱杀螺作用的实验观察 [J]. 中国病原生物学杂志,2007, 2(6): 175 – 176

[4] 李树林,杨溢超,谢祖英,吴钦华,区方奇,许洪波,商少明,黄铿凌,麦富珍. 南瓜子槟榔驱除亚洲绦虫、猪带绦虫和牛角绦虫的效果比较 [J]. 中国人畜共患病学报,2007,23(11):1163 – 1164

[5] 王明春,翟乃会. 中西医组合治疗幽门螺杆菌相关胃病 61 例 [J]. 实用中医内科杂杂,2008,22(3):51 – 52

[6] 徐远芳,邓钢桥,邹朝晖,毛青秀,程薇. 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,2012,42(13): 102 – 104

[7] 谢龙莲,张慧坚,方佳. 我国槟榔加工研究进展 [J]. 广东农业科学,2011,47(4):96 – 98

[8] 周剑彪,熊伟,陈文,刘利兵. 灌喂槟榔提取液对大鼠心肌形态学的影响 [J]. 心脏杂志,2008,20(2):203

[9] 高义军,凌天牖,尹晓敏,李霞,黄琰. 槟榔碱诱导口腔角质形成细胞凋亡研究 [J]. 口腔医学研究,2007,23(6):624 – 627

[10] Reichart P A,Nguyen X 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

[11] 张启文,符永健,许开宁,杨庆雄,黄胜,我国嚼食槟榔地区居民槟榔使用问题及对策探讨的研究现况 [J]. 现代预防医学,2013, 40(5):828 – 829

[12] 张可喜,符新,王祝年,符永进,黄胜. 槟榔热风干燥工艺的研究 [J]. 热带农业工程,2006,31(1):20 – 23

[13] 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

[14] 李文革,邓钢桥,王芊, 彭玲,万巍. 食用槟榔的辐照灭菌研究初报 [J]. 核农学报,2000,14(2):126 – 128

[15] 李牧,邢增涛,冯志勇,李玉. 电子束辐照在农产品贮藏保鲜中的应用 [J]. 激光生物学报,2007,16(5):640 – 645

[16] 张莹,朱加进. 电子束辐照技术及其在食品工业中的应用研究 [J]. 食品与机械,2013,29(1):236 – 239

[17] 哈益明,施惠栋,王锋,刘志弢,谢宗传. 电子束食品辐照的研究现状与应用特点 [J]. 核农学报,2007,21(1):61 – 64

[18] 翦新春,张彦. 咀嚼槟榔与口腔黏膜下纤维性变及口腔癌的研究进展 [J]. 中华口腔医学研究杂志(电子版),2011,5(3):229 – 234

[19] 中国疾病预防控制中心营养与食品安全所. GB 4789.2 – 2010 食品微生物学检验菌落总数测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2010

[20] Rasheed S, Dasti A A. Quality and mechanical properties of plant commercial fibers [J]. Pakistan Journal of Biological Sciences. 2003, 6(9):840 – 843

[21] 孙少妮. 协同预处理木质纤维组分结构解析及酶解研究 [D]. 北京: 北京林业大学,2015

[22] Kont R, Kurasin M, Teugjas H, Valjamae P. Strong cellulose inhibitors from the hydrothermal pretreatment of wheat straw [J]. Biotechnology for Biofuels,2013,6(6):135 – 148.

[23] 崔艳红,孟庆辉,王艳荣. 饲用纤维素酶应用研究 [J]. 进展安徽农业科学,2006,34(15):3705 – 3707

[24] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB/T 18524 – 2001 食品辐照通用技术要求 [S]. 北京: 中国标准出版社,2001

[25] 姚东云,高亚玲,韩继红,张静,王麟. 槟榔软化工艺的研究进展 [J]. 中国医药指南,2011,9(29):229 – 230

[26] 李梁,吉建邦,康效宁,戴萍,符传贤. 含水量对槟榔干质地的影响研究 [J]. 食品工业科技,2014,35(19):111 – 113

[27] 娄正, 刘清,郭晶,师建芳,赵玉强,高学敏. 槟榔预处理及热风干燥工艺条件优化 [J]. 食品科学,2014, 35(16):46 – 51

[28] 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

[29] 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

[30] 徐远芳,邓钢桥,彭玲,李文革,邹朝晖,毛青秀,胡继松,程薇. 辐照对食用槟榔的杀菌效果及品质的影响 [J]. 核农学报,2014,28(2):240 – 244

[31] 李智,徐欢欢,邓建阳,蒋雪薇,李浩. 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

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

Journal of Nuclear Agricultural Sciences
2017,31(4):0711 ~0718

Boiling Softening Effects and Irradiation Preservation Research of Dried Betelnut

WU Shuo[1,2] LI Zongjun[1,*] TAN Ya[1] DU Sha[1] HUANG Runting[1] WU Jing[1]
([1] *College of Food Science and Technology Hunan Agricultural University*, *Changsha*, *Hunan* 410128;
[2] *Hainan Union Betelnut Industry Engineering Research Center*, *Haikou*, *Hainan* 570100)

Abstract: To improve the quality of dried betel nuts and extend its storage time, the study based on single factor test and orthogonal test, methods orthogonal experiment design with boiling time, enzyme temperature, enzyme time and enzyme dosage as factors. At the same time, by comparing the total bacteria amount and storage time of dried betel nut, the effect of irradiation treatment was studied. Results shows: at the condition of boiling time at 25 min, enzyme temperature 50 ℃, time 0.5 h and enzyme dosage 0.08%, hardness decreased by 20.5HRC, the betel nut can be produced with better quality with lower hardness and chewiness; and at the irradiation dose of 8 to 10 kGy can effectively sterilize and extend 2 month storage time of dried betel nut. This paper provides a theoretical basis for improving the quality and preservation of dried betel nut.

Keywords: betelnut, boiling, softening, irradiation

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net