

腌制蔬菜保脆技术研究进展

尤逢惠, 江舰, 万娅琼, 伍玉菡, 鄢嫣* (安徽省农业科学院农产品加工研究所, 安徽合肥 230031)

摘要 综述了蔬菜腌制过程中脆性变化机制、脆度测定方法以及常用保脆方法方面的研究进展, 以期为蔬菜的优质加工提供理论依据。

关键词 腌制蔬菜; 保脆技术; 检测方法

中图分类号 S609+.2 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2017)05-0065-02

Research Progress of Crispness-keeping Technology of Pickling Vegetables

YOU Feng-hui, JIANG Jian, WAN Ya-qiong, YAN Yan* et al (Institute of Agro-products Processing, Anhui Academy of Agricultural Science, Hefei, Anhui 230031)

Abstract Change mechanism of crispness, the method for crispness detection and the techniques for crispness-keeping were reviewed to provide the potent theoretical foundation for the high quality vegetable process.

Key words Pickling vegetable; Crispness-keeping technology; Detection method

腌制蔬菜在我国国民日常膳食中起到举足轻重的作用。腌制蔬菜不仅具有很高的营养价值, 如富含膳食纤维、维生素、无机盐以及多种元素如铁、钙和磷等^[1]。同时, 腌制蔬菜在漫长的发酵过程中还会产生大量的益生菌和风味化合物, 如乙醇和有机酸等, 可以刺激人们的食欲, 维持体内微生物平衡^[2]。因此, 腌制蔬菜近年来受到了消费者广泛的青睐。然而, 由于蔬菜内果胶物质的分解, 细胞结构和膨压的变化等导致蔬菜在腌制过程中发生软化、褐变等品质改变, 严重影响腌制蔬菜的销售, 从而制约了腌制蔬菜产业的发展。因此, 如何在蔬菜腌制过程保障蔬菜的质构、保证腌制产品的脆度是业内亟待解决的问题。笔者从蔬菜腌制过程中脆性变化机制、脆度测定方法以及常用保脆方法等方面综述了蔬菜的保脆技术, 以期为蔬菜的优质加工提供理论依据。

1 蔬菜腌制过程中脆性的变化及失脆机理

硬度和脆度是腌制蔬菜的重要品质指标, 是产品摄入时的一种感官反应, 通常可以通过质构测定和感官评定的方法表征^[3]。蔬菜细胞壁的主要组成成分是多糖等大分子物质, 主要包括果胶、纤维素、半纤维素和少量的蛋白质^[4]。而蔬菜的脆度主要取决于细胞壁中的果胶含量。聚半乳糖醛酸是果胶的基本组成单位, 通常果胶酸聚合物的自由羧基会与钙离子形成不溶性的钙盐, 形成用来连接果胶分子的盐桥, 在细胞壁中间层提供黏附力, 影响细胞之间的连接, 从而影响蔬菜的脆度^[5]。

蔬菜在腌制过程中经常会失去原有的脆度。由于酶、pH和温度的变化, 细胞壁中的果胶会水解成为果胶酸和果胶, 使得细胞壁之间的连接作用力减弱, 细胞之间失去黏附力, 蔬菜变软, 脆度下降。而继续腌制, 果胶在果胶酶、酸或碱的作用下会进一步分解成为甲醇和果胶酸, 此时蔬菜会发生软烂, 失去脆性。而果胶酸再经酶、酸或碱作用则会分解成为还原糖和半乳糖醛酸, 使得蔬菜发生腐烂^[1]。

酶是蔬菜失脆的重要因素之一。蔬菜在腌制过程中, 果胶甲酯酶、多聚半乳糖醛酸酶等水解酶的作用使细胞壁的钙流失, 丧失细胞壁结构, 减弱了果胶分子之间的连接, 进而导致蔬菜软化。多聚半乳糖醛酸酶 (Polygalacturonase, PG) 中的一类内切 PG 能够随机切开不同部位的多聚半乳糖醛酸, 使之降解, 分解细胞壁中的果胶, 解离细胞壁, 使蔬菜软化^[5]。此外, 果胶甲酯酶 (Pectinmethylesterase, PME) 能将细胞壁果胶物质的甲基从半乳糖醛酸上移除, 释放自由羧基与钙离子形成凝胶结构, 使多聚半乳糖醛酸链更容易被 PG 所降解^[6]。

蔬菜在腌制过程中, 水分丧失, 蔬菜细胞中液泡体积缩小使细胞壁与原生质层分离, 使得细胞膨压下降, 脆性降低^[7-8]。而腌制过程中盐的浓度过低也是蔬菜失脆的重要原因之一。低盐浓度下会促进蔬菜中乳酸的形成, 形成高酸环境, 使蔬菜软化。此外, 腌制时的温度过高、腌制过程中器具的不净、密封不严会促进腌制蔬菜表面有害菌繁殖, 也将成为蔬菜软化的原因之一^[9]。

2 常用的脆性检测方法

人类对脆性的感知十分复杂, 通常需要多种感觉器官参与, 同时也受多种物理参数的影响, 因此, 要对蔬菜的脆性进行评价难度很大^[10]。对于腌制蔬菜脆性的评价, 通常采用感官评价的方法。但该方法易受外界的影响, 体系不完善, 使得结果并不可信。因此, 近年来, 为了提高蔬菜脆性检测的准确性, 仪器分析的方法已被广泛使用。

质构仪是近年来在蔬菜脆性检测中较广泛使用的方法之一。此种方法能够模拟人的咀嚼动作, 记录并测绘出力和时间或距离之间的关系, 从中找出与感官评定数据中相对应的参数, 如弹性、硬度、脆性、韧性、咀嚼性和黏附性等。姜松等^[11]使用质构仪对腌制菊芋的质构特性进行数字化, 并对感官评定结果与质构分析仪测定结果的相关性进行了分析。质构仪的应用给蔬菜脆性的研究带来很大的便捷, 然而此种方法在应用时也有一定局限。试验条件是质构仪测定结果好坏的决定因素。因此, 在使用质构仪测定蔬菜脆性时, 应首先对测定参数进行摸索, 并在报告研究成果时给出该试验

基金项目 安徽省农业科学院学科建设项目 (15A1220, 17A1227)。

作者简介 尤逢惠 (1982—), 女, 江苏睢宁人, 助理研究员, 硕士, 从事果蔬加工研究。* 通讯作者, 助理研究员, 博士, 从事食品加工过程中组分变化和危害控制研究。

收稿日期 2016-12-23

条件和参数^[5]。

3 蔬菜中常用保脆方法

3.1 保脆剂的使用 保脆剂在蔬菜护脆中应用最为广泛。保脆剂通常是一类能够提供金属离子的食品添加剂,如氯化钙^[12]、乳酸钙^[13]、三聚磷酸钠^[14]、乳酸锌^[15]等。保脆剂通常从2个方面对蔬菜的脆性起到保护作用:①加快果胶的胶凝。当以钙离子为代表的金属离子存在时,果胶酸可与钙离子作用形成果胶酸盐使高分子聚合物的结构发生改变,从而加快果胶的胶凝,改善蔬菜的质地^[16]。②金属离子激活内源性果胶甲酯酶。金属离子对果胶甲酯酶有一定的激活作用,加速果胶分解成为甲醇和果胶酸,大大提高了蔬菜中自由羧基的含量,加快其与钙、镁离子的交联作用,从而保持蔬菜的脆性^[17]。王新惠等^[18]在对竹笋香辣酱护色保脆工艺进行研究时发现,使用0.2%~0.3%的氯化钙溶液浸泡45 min后,得到的产品脆度最好。

近年来,复合保脆剂的使用成为学者研究的热点。尹爽等^[19]在研究大头菜保脆工艺时发现,采用氯化钙:乳酸钙:丙酸钙为1:16:3的复合保脆剂后,大头菜品质与脆度最好,且无论从脆度还是感官评分上均优于单一的保脆剂。另有学者研究表明,海藻酸钠-氯化钙复合保脆剂在两者比例为1:1时,可显著提高即食裙带菜的脆度^[20]。研究认为海藻酸钠与氯化钙的协同作用主要表现在海藻酸钠溶液能够先渗透到细胞组织间隙中,然后与后渗透的钙离子形成不可逆的凝胶体,强化了组织间隙的强度,起到了强化“骨架”的作用^[21]。

此外,采用多糖、葡萄糖和软糖对蔬菜的脆度也有一定的保护作用,其主要与糖类加强了细胞壁的纤维结构从而强化细胞的基本骨架有关^[22]。贾利蓉等^[23]也使用魔芋胶、卡拉胶等食用胶对黑木耳进行护脆。

3.2 酶的使用 近年来,国内学者和企业也通过添加外源果胶甲酯酶,将果胶去甲酯化来解决蔬菜腌制保脆的问题。额外添加果胶甲酯酶后,可将蔬菜中的高甲氧基果胶(HM)转化成低甲氧基果胶(LM),使LM与钙离子发生交联作用,产生一个坚固的果胶酸钙网络来保持蔬菜的脆度^[24]。张晓^[25]发现添加8 100 U/L果胶甲酯酶后,泡菜的脆度较对照组显著提高了22.5%。加酶的方法能够改善蔬菜腌制过程中软化的问题,但由于该方法处理时间较长,且钙离子和酶很难深入到组织内部,使得该方法在应用上具有一定的局限性。张慧娟等^[26]采用高压浸渍的方法将果胶酶和钙离子渗透到组织内部,大大提高了保脆的效果。

3.3 温度处理 低温漂烫可以在一定程度上保持腌制蔬菜的脆性。低温漂烫与金属离子相同,也可以增加内源性果胶甲酯酶的活性,加速果胶羧基与钙离子的交联,从而解决蔬菜软化的问题。采用热预处理可以提高蔬菜的脆度。Dekker等^[27]研究发现,蔬菜经50~80℃预热后可以显著抑制其腌制过程中的软化。乐毅等^[28]比较了低温漂烫法和外源性果胶甲酯酶法对白萝卜护脆的效果,结果表明,低温漂烫处理效果更好,最终确定低温漂烫的时间为20 min,温度

为55℃,乳酸钙的添加量为20 g/L。低温漂烫法也可以与其他方法联合使用。范民等^[20]研究了低温漂烫法与复合保脆剂联合处理对即食型调味裙带菜品质的影响,结果发现,最适保脆工艺为保脆剂浓度3 g/L,低温漂烫温度50℃,漂烫时间25 min。

3.4 盐度处理 高浓度的盐腌制也可以在一定程度上提高腌制蔬菜的脆度。高浓度的盐对蔬菜的作用主要包括2个方面:一方面,高浓度的盐会提高环境的渗透压,使蔬菜组织失水,从而降低蔬菜的脆度;另一方面,高浓度的盐能够抑制果胶酶和纤维素酶的活性^[29],防止果胶和纤维的分解,保护蔬菜组织的“骨架”。

4 小结

腌制蔬菜的脆性是衡量其品质的重要质量指标,而腌制蔬菜在加工过程中的软化已成为产业上的瓶颈问题。尽管近年来关于蔬菜的软化机制、护脆新工艺的研究较多,但该问题仍是实际生产中的主要问题。因此,更深层次地从分子角度解释蔬菜软化的机制,研究蔬菜在腌制前和腌制后的微观变化,从而采取更为有效的措施来防止这一劣变的发生将是今后研究的重点。

参考文献

- [1] 刘卫,董全. 腌制蔬菜保脆及保藏研究现状[J]. 中国酿造,2015,34(1): 5-9.
- [2] LI H X, GAO D, CAO Y S, et al. A high γ -aminobutyric acid-producing *Lactobacillus brevis* isolated from Chinese traditional *paocai* [J]. Ann Microbiol, 2008, 58(4): 649-653.
- [3] 龙秀田. 腌渍蔬菜的保绿和保脆研究[J]. 食品与发酵科技, 2010, 46(5): 53-57.
- [4] 张婷. 鲜切牛蒡护色保脆技术及其软罐头开发[D]. 南京:南京农业大学, 2014.
- [5] NI L, LIN D, BARRETT D M. Pectin methylesterase catalyzed firming effects on low temperature blanched vegetables [J]. Journal of food engineering, 2005, 70(4): 546-556.
- [6] FISCHER R L, BENNETT A B. Role of cell wall hydrolases in fruit ripening [J]. Annual review of plant biology, 1991, 42(1): 675-703.
- [7] 姚佳, 胡小松, 廖小军, 等. 高静压对果蔬制品品质构影响的研究进展[J]. 农业机械学报, 2013, 4(9): 118-124.
- [8] GONZALEZ M E, JERNSTEDT J A, SLAUGHTER D C, et al. Influence of cell integrity on textural proper-ties of raw, high pressure and thermally processed onions [J]. Journal of fod science, 2010, 75(7): 409-416.
- [9] 高琼. “兰溪小萝卜”腌制工艺及保藏技术的研究[D]. 武汉:华中农业大学, 2007.
- [10] 于泓鹏, 曾庆孝. 脆度的研究方法及其控制参数[J]. 食品与发酵工业, 2004, 30(3): 85-89.
- [11] 姜松, 孟庆君, 赵杰文, 等. 腌渍菊芋的质地分析与感官评定研究[J]. 食品科学, 2007, 28(12): 78-80.
- [12] HOWARD L R, BUESCHER R W. Cell wall characteristics and firmness of fresh pack cucumber pickles affected by pasteurization and calcium chloride [J]. Journal of food biochemistry, 2007, 14(1): 31-43.
- [13] 穆璇, 张珍, 牛黎莉, 等. 响应面法优化花椒芽菜的乳酸钙保脆工艺[J]. 甘肃农业大学学报, 2015, 50(1): 154-159.
- [14] 袁宗胜. 水煮毛竹笋片罐头保脆工艺优化研究[J]. 福建农业学报, 2012, 27(5): 550-554.
- [15] 杨成生, 蒋玉梅, 盛文军, 等. 蕨菜护色保脆工艺研究[J]. 中国林副特产, 2008(6): 7-10.
- [16] FRAYGE I, DUVERTER T, DOUNGLA E, et al. Fine-tuning the properties of pectin-calcium gels by control of pectin fine structure, gel composition and environmental conditions [J]. Trends of food science and technology, 2010, 21(5): 219-228.
- [17] 杨建军, 宋宏新, 马齐. *A. niger* A-03 产果胶酶制剂部分性质的研究[J]. 陕西科技大学学报, 2005, 23(1): 25-27.

表 2 β -环糊精包合金银花精油的正交试验设计及结果Table 2 The orthogonal test design and results of honeysuckle essential oil and its inclusion compound with β -cyclodextrin

试验号 Test No.	因素 Factor				包合率 Inclusion rate//%
	A	B	C	D	
1	1	1	1	1	60.15
2	1	2	2	2	56.36
3	1	3	3	3	51.32
4	2	1	2	3	48.35
5	2	2	3	1	68.95
6	2	3	1	2	55.80
7	3	1	3	2	52.17
8	3	2	1	3	45.76
9	3	3	2	1	58.38
k_1	55.94	53.56	53.90	62.49	
k_2	57.70	57.02	54.36	54.78	
k_3	52.10	55.17	57.48	48.48	
R	5.60	3.46	3.58	14.01	

2.3.2 验证性试验结果。按照“2.3.1”中的最佳金银花精油- β -环糊精包合物制备工艺条件进行验证性试验,制备得到3批金银花精油- β -环糊精包合物。通过测定,3批产品的金银花精油包合率分别为67.45%、68.02%、69.15%,均与正交设计试验中的金银花精油包合率最大值68.95%相当,且该3批产品的金银花精油包合率RSD值仅为1.27%,表明该最佳金银花精油- β -环糊精包合物制备工艺稳定性较高。

3 结论

该研究采用水蒸气蒸馏法和饱和水溶液法分别制备了金银花精油和金银花精油- β -环糊精包合物。水蒸气蒸馏法制备金银花精油的得率为0.12%,经GC-MS分析,金银花精油的主体呈香成分为芳樟醇、环氧芳樟醇、香叶醇、 α -萜品醇、乙基环己烷、 α -可巴烯、芳樟醇丙酯、丁香酚、橙花醇、香橙烯、香茅醇、橙花醇乙酯、薄荷醇、香叶醇乙酯、 α -月桂烯、 δ -杜松烯等单萜和倍半萜类化合物,且该2类化合物占金银花精油含量的75.30%,其中,金银花精油中芳樟醇及其衍生物含量大于25.60%。以金银花精油的包合率为考察指标,对制备过程中的主要影响因素进行了考察,结果表明,

最佳金银花精油- β -环糊精包合物制备工艺条件为金银花精油与 β -环糊精的包合比例1:10(mL:g)、包合温度60℃、搅拌时间3h、烘干温度45℃,影响最大的因素为金银花精油- β -环糊精包合物烘干温度;最优条件下,金银花精油的包合率为68.95%。

水蒸气蒸馏法和饱和水溶液法均简便易行,适合工业化生产。水蒸气蒸馏法制备得到的金银花精油颜色为微黄色,澄清、透亮,具有金银花特异的花香气味,适用于中药制剂、食品、卷烟、香氛和日用化妆品中。饱和水溶液法可有效制备金银花精油- β -环糊精包合物,该包合物具有淡淡的金银花精油香气,金银花精油的包合率可达68.95%,通过该制备工艺,显著降低了金银花精油的挥发速率,提高了金银花精油的稳定性,并使液态的金银花精油实现了固态化,从而便于其广泛应用。

参考文献

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:第1部[M]. 北京:中国医药科技出版社,2015:221.
- [2] 张小娜,董杰,周衍磊,等. 忍冬属药材药效成分及药理作用研究进展[J]. 中国药理学通报,2014,30(8):1049-1054.
- [3] 汪艳. 含金银花成分中成药临床应用调查[J]. 浙江中西医结合杂志,2009,19(3):179.
- [4] 刘嘉坤,尹传贵. 金银花研究应用新进展[M]. 北京:人民卫生出版社,2012.
- [5] 李琳,王俊英,曹广才. 药用植物金银花[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2012.
- [6] RAHMAN A, AL-REZA S M, SIDDIQUI S A, et al. Antifungal potential of essential oil and ethanol extracts of *Lonicera japonica* Thunb. against dermatophytes[J]. Excli journal, 2014, 13:427-436.
- [7] 何仲贵. 环糊精包合物技术[M]. 北京:人民卫生出版社,2008.
- [8] 李姝静,胡杰. 环糊精构筑超分子体系基础及应用[M]. 北京:化学工业出版社,2014.
- [9] 何媛,王四旺,吴红. 桉油 β -环糊精包合物的制备与鉴定[J]. 中国药房,2006,17(4):255-258.
- [10] 杨波,杨光,李代禧,等. 苯乙醇香精与 β -环糊精包合物的制备工艺研究[J]. 食品工业科技,2007,28(1):210-212.
- [11] 王国亮,朱信强,王金凤,等. 豫北平原栽培金银花精油化学成分分析[J]. 中国中药杂志,1992,17(5):268-269.
- [12] 狄留庆,蔡宝昌,李伟东,等. 金银花挥发性成分的GC-MS分析[J]. 中药材,2003,26(7):491-492.
- [13] 张军,赵光莉,庄桂东,等. SFE-MD技术分离提纯金银花挥发油及其成分分析[J]. 精细化工,2008,25(1):49-53.
- [14] 张玲,彭广芳,时延增,等. 山东金银花鲜花挥发油化学成分的研究[J]. 中国现代应用药学,1998,15(1):18-19.
- [15] 王新惠,刘达玉,肖龙泉,等. 竹笋香辣酱护色保脆工艺的研究[J]. 食品科技,2016,41(9):117-119.
- [16] 尹爽,王修俊,刘佳慧,等. 复合保脆剂对腌制大白菜脆度的影响研究[J]. 食品科技,2016,41(7):266-270.
- [17] 范民,吴玉琼,洪志方,等. 即食型调味裙带菜的保脆工艺研究[J]. 食品科学技术学报,2013,31(5):71-75.
- [18] 董刚,干信,姚晓玲,等. 海藻酸钠-氯化钙复合蔬菜罐头保脆剂的研究[J]. 食品科学,1992,13(12):1-4.
- [19] SALDANA G, MEYER R. Effects of added calcium on texture and quality of canned *Jalapeno* peppers[J]. Journal of food science, 1981, 46(5):1518-1520.
- [20] 贾利容,谭敏,赵志峰,等. 黑木耳软化机理及护脆方法研究[J]. 食品科学,2008,29(2):120-125.
- [21] 周鹏,俞中. 应用果胶甲基酯酶改善番茄酱的粘度[J]. 食品工业科技,2003,24(5):29-30.
- [22] 张晓. 芹菜泡菜的盐渍及发酵新技术研究[D]. 长沙:湖南农业大学,2013.
- [23] 张慧娟,潘见,惠爱玲,等. 高压浸渍果胶酶与 Ca^{2+} 的软灌装油桃保脆研究[J]. 食品工业科技,2014(9):316-323.
- [24] DEKKER M, DEKKERS E, JASPER A, et al. Predictive modelling of vegetable firmness after thermal pre-treatments and steaming[J]. Innovative food science and emerging technologies, 2014, 25:14-18.
- [25] 乐毅,刘学文. 白萝卜泡菜的保脆工艺研究[J]. 食品与发酵科技, 2010, 47(2):79-81.
- [26] 汪欣,汪立平,吴正钧,等. 前处理方式对预腌萝卜果胶酶活性和脆度的影响[J]. 食品工业科技,2012,33(20):219-222.

(上接第66页)