

一场与酸菜的味觉之旅

李姝慧, 王静, 唐海涛*, 潘英明*

广西师范大学化学与药学学院, 省部共建药用资源化学与药物分子工程国家重点实验室, 广西 桂林 541004

摘要: 酸菜, 又称泡菜、渍菜, 是一种传统的发酵食品, 因具有独特的风味和丰富的营养价值受到广大消费者的喜爱。本文将以第一人称的方式讲述酸菜的成分、口感、制备工艺以及其中蕴含的化学原理, 文中还谈及食用酸菜对人体的影响以及食用建议, 旨在宣传中国传统美食文化和发酵这一传统工艺, 提升人们的食品安全意识和健康饮食观念, 培养学生的科学素养和实践能力, 让更多的人了解化学、热爱化学。

关键词: 酸菜; 发酵; 制作酸菜工艺; 组胺; 亚硝酸盐

中图分类号: G64; O6

A Taste Journey with Sauerkraut

Shuhui Li, Jing Wang, Haitao Tang*, Yingming Pan*

State Key Laboratory for Chemistry and Molecular Engineering of Medicinal Resources, School of Chemistry & Pharmaceutical Sciences, Guangxi Normal University, Guilin 541004, Guangxi Zhuang Autonomous Region, China.

Abstract: Sauerkraut, also known as pickled vegetables, is a traditional fermented food that is loved by many consumers for its unique flavor and rich nutritional value. This paper, written in the first person, explores the composition, taste, preparation process, and underlying chemical principles of sauerkraut. It also discusses the health effects and dietary recommendations for consuming sauerkraut. The aim is to promote traditional Chinese food culture and the ancient art of fermentation, enhance awareness of food safety and healthy eating, cultivate students' scientific literacy and practical skills, and foster a greater appreciation for chemistry.

Key Words: Sauerkraut; Fermentation; Sauerkraut preparation process; Histamine; Nitrite

大家好, 我是酸菜, 我们一脉具有悠久历史, 不仅种类多样而且营养丰富、生命力顽强, 因风味独特在中国各省乃至海内外广泛传播。我诞生于中国古代, 早在3000多年前, 我就出现在了大众面前, 《诗经小雅: 信南山》中就有关于我的描述——“中田有庐, 疆场有瓜, 是剥是菹, 献之皇祖”, 文中的“菹”指的就是我。总的来说, 我不只是一道美食, 更是人类智慧的结晶, 我不仅见证了历史的变迁, 更承载了人们对美食的热爱和追求。现在, 大家就随我一起感受一下这份历史悠久的美味吧!

1 酸菜的成分、分类及口感

“君子爱食、食之有道”, 刘鸿彦导演是真的有品位, 《舌尖上的中国3》的热播让我的人气再火了一把, 网友们纷纷表示想念我的味道。

收稿: 2024-04-10; 录用: 2024-05-18; 网络发表: 2024-09-06

*通讯作者, Emails: httang@gxnu.edu.cn (唐海涛); panym@mailbox.gxnu.edu.cn (潘英明)

基金资助: 国家级第二批一流本科课程线下一流课程“有机化学”; 2020年度广西壮族自治区一流本科课程线下一流课程(桂教高教[2021] 11号); 广西壮族自治区课程思政示范课程(桂教高教[2022] 52号); 广西高等教育本科教学改革工程项目(2023JGB133, 2024JGZ113); 广西师范大学“专(思)创融合”示范课程建设项目(师政教学[2024] 133号); 广西师范大学研究生课程思政示范课程建设项目(师政教学[2024] 78号)

细细说来，俺们酸菜一脉品种丰富，可分为东北酸菜(图1)、四川酸菜、贵州酸菜、云南富源酸菜等，大多都是以大白菜、结球甘蓝、芥菜、白萝卜、小油菜等为原料的蔬菜制品，成分主要包括粗纤维、乳酸、亚硝酸盐、钙、铁、磷等。



图1 家制东北酸菜

我的种类和口感因地区而异。在东北，我以新鲜大白菜为原料，加入食用盐腌制而成，色泽微黄，清脆爽口，常用于炖菜、火锅等；在广东，我以萝卜、高杆芥菜为原料，加入醋、糖等调料腌制，味道柔和、酸甜可口；在湖南，我则以各种辣椒、刀豆、仔姜为原料，口感香辣，让人欲罢不能。不同地区的人们根据自己的饮食习惯对我们施以不同的腌制方法，适者生存，我们为了满足人们的口味展开了与人类的双向奔赴。

提到“口感”这个问题，我就要给各位科普一下了，我的口感与多种因素有关。其中，原材料的选择是影响我的口感和品质的重要因素之一。采用新鲜、嫩绿的蔬菜可以制作出口感爽脆、香味浓郁的我，采用成熟度高的蔬菜则可能导致我的口感软烂。白菜不耐酸，所以如果你选用白菜作原材料，泡出来的酸菜就容易脆性不好、品相不佳。这一点《齐民要术》中也有提到，古人就是以菘做酸菜的，那时，还没有白菜这一说法，古时的菘就是白菜，受到各种因素的限制，古人只能品尝到我的冰山一角啊。

除了原材料的选择，酸菜的制作工艺——烫漂、冷却、腌制等操作步骤以及腌制过程中食盐的用量^[1]、腌制的时间，发酵过程中微生物群落种类^[2,3]和数量、所用起子^[4]等都会影响我的理化特性和芳香品质。研究发现，卷心菜在不同容器中发酵产生的酵母菌群不同^[5]，与成长在玻璃罐中的酸菜同胞们相比，石器中的我所含的乳酸含量减少了50%，乙酸含量增加了几倍。研究人员综合感官测评以及多项指标测试证实了玻璃罐发酵相对于石器发酵的优势。但是说实话，陶瓷罐才是我的首选伴侣，虽然他的陶瓷心脆弱敏感，但他透气性好呀，利于我的发酵和长期保存，同时，他还细心体贴、绝对忠诚，默默扛下了盐的腐蚀又不会产生有害物质，为我的健康成长保驾护航。

2 酸菜的制作工艺

清朝谢镛曾在《食味杂咏北味酸菜》中记载了酸菜的制法：“寒月初取盐菜入缸，去汁，入沸汤熟之。”谢镛是枫泾镇人，追溯到当下就是上海金山人。不难看出，古时酸菜的做法与现在大同小异，只因我如今身处盛世，配备了无数“外挂”，所以已经不限于出现在寒月初了，只要你想，任何时间、任何地点你都可以享用我。科技在进步，我也没有落伍，我心中始终有一团火，希望能凭借自己的微光照亮人们前行的路，从前我解决了古人冬天吃不到蔬菜的难题，如今我迭代更新，创新发展给人们带来了味蕾的极度舒适。

经过腌制和发酵，我就像经历了“一场蜕变”，变得风味独特，口感鲜美。这个过程说简单也简单，说复杂也复杂。简单来说，就是在新鲜蔬菜中添加食盐、水、冰糖、辣椒、花椒、嫩姜等辅料放在盐水里泡几天，然后等着微生物们在我身上“施展魔法”。复杂来说，我参演了一场时间与自然的奇妙舞蹈，每一次的发酵都是对我独特魅力的提炼和升华。接下来，我就以四川老坛酸菜为

例，具体说说我的制作工艺吧！

首先，得挑选一些水嫩嫩的青菜，去掉那些老态龙钟的叶子，将叶片一片一片掰下来，洗干净，这个过程就像是在给我挑选漂亮的衣服，只有一个目的，那就是尽可能展现出我最美的一面！接下来，要把青菜切成合适的大小，在通风处给我蒸了个桑拿，去掉多余的水分。然后，准备一个密封性良好的坛子，把我和辣椒、生姜、蒜、花椒、冰、红糖一起放进去，加入盐水和一瓶盖白酒腌制，这个过程就像是在参加一场豪华的派对，各种美味的调料受邀来和我一起狂欢。最后，盖上盖子，让我在密闭的空间里静静地发酵，这个过程就像是在做一个长长的美梦，梦里的我变得越来越美味。

究竟有多美味呢？下面，我就来讲一讲“美味”的机制。在缺氧的环境下，我体内的发酵糖会被乳酸菌、酵母菌等微生物转化为乳酸、醋酸、乙醇、甘露醇及其他化合物^[6]，这些东西一结合，就散发出一种独一无二的味道，熟悉酸菜的人一闻便知道是我。在发酵过程中，微生物们从不闲着，它们就像是专业的厨师，用它们的魔法把碳水化合物变成了酒精或有机酸(图2)。酵母菌们就像是活泼的小精灵，第一天就疯狂地增长，数量直达巅峰，可到了后来，它们又像是玩累了一样，一个个都减少了^[7]；乳酸菌是制作我的头号功臣，我能在万千美食中脱颖而出他功不可没。

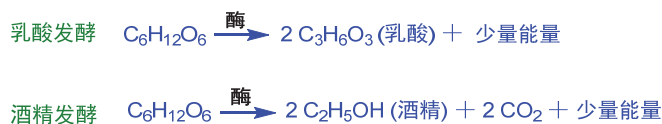


图2 乳酸发酵、酒精发酵方程式

温馨提示哟！制作我的过程中不能引入一丁点油！否则，我就可能会变质腐烂，那一坛酸菜就会白白浪费了。腌制的温度也很有讲究，最好是5–10℃，在这个温度范围内，我的抵抗力强，乳酸菌活动最适宜，有助于我的发酵。温度过高、过低，我的微生物朋友们体内的酶都不能发挥高效的催化性能，发酵不能顺利进行，我的风味也会大打折扣。所以啊，制作一坛美味的酸菜，是需要耐心和细心的。不过，你也不要担心，我的生命力是很顽强的，只要你按我说的来，一定可以做出让人垂涎三尺的酸菜啦！

3 酸菜的功效、危害

说到我的魅力，那可不是吹的。作为一名“全能选手”，我的出现不仅延长了食品的保质期，还改变了人们之于蔬菜的感知，我富含维生素、氨基酸和酚类化合物等营养成分^[8]，不仅能增强免疫力、促进消化、提神醒脑，还具有多种保健特性，被认为是世界上最好的功能性食品之一。

从医学领域来讲，我不仅可作为强大的自由基清除剂来防止氧化应激、抗菌、抗氧化，还可以降低胆固醇水平、进行免疫调节，甚至发挥神经保护功能^[9](图3)。有研究人员就从我的发酵液中分离、表征、回收了乳酸菌，他们发现部分分离株具有β溶血性及潜在的移动抗菌药物耐药性^[10]。还有实验表明，酸菜盐水通过产生肿瘤坏死因子(TNF-α)^[11]和白介素6(IL-6)、刺激抗炎白介素10(IL-10)，实现24 h后炎症的积极消退^[12]。实验数据表明，一杯250 mL的酸菜汁(两周后)可以提供大约75 μmol生物活性抗坏血酸和异硫氰酸酯^[13]，可以有效抑制癌细胞的生长。

别看我表面上酸酸的、咸咸的，其实我内心可丰富了。你们知道吗？我体内有一种叫组胺的小家伙，组胺这家伙，虽然名字听起来有点可怕，但其实它就像是个爱搞恶作剧的小精灵。组胺是一种环活性胺化合物，是由组氨酸在脱羧酶的作用下产生的(图4)，许多组织特别是皮肤、肺和肠黏膜的肥大细胞中含有大量的组胺，当组织受到损伤或发生炎症和过敏反应时，生物体都可释放组胺达到舒缓血管的作用。虽然它喜欢在你们体内搞点小动作，让细胞们活跃起来。不过别担心，它可是个低风险产品，而且他在我体内的平均含量只有5.06 mg/100 g^[14]，低得让你们都不好意思说我“有毒”。你们的“酸菜大大”在此保证，我会对大家的安全负责，不会轻易让组胺小鬼出来捣乱。

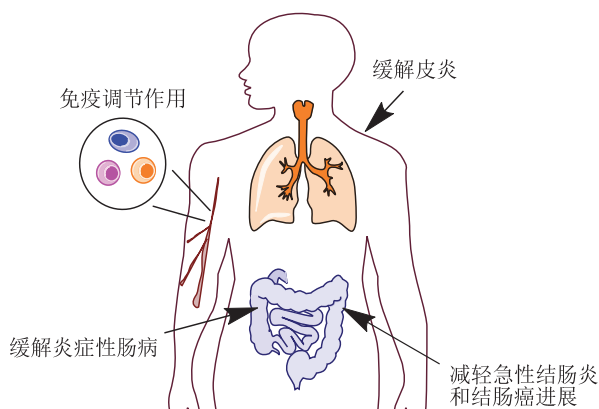


图3 酸菜功效示意图



图4 组胺的生成路径

再来说说我体内的另一个成分——亚硝酸盐^[15]。一听到这个词，你们是不是都开始紧张了？别急别慌，听我慢慢道来。其实，亚硝酸盐这东西并没有你们想象的那么可怕。它本身并不致癌，只是有时候喜欢和其他化合物玩玩“组合拳”，才可能会形成一些致癌物^[16]。

而且呀，你们知道吗？亚硝酸盐的含量是可以大概预估的，在腌制过程中，亚硝酸盐的含量会随着腌制时间的增长逐渐上升至峰值后慢慢降低。根据专家们的说法，亚硝酸盐的日摄入量可是有很严格的标准，而我每天给你们提供的量远远低于这个标准，所以你们大可放心大胆地享用我！当你们吃下我，我体内的硝酸盐就会像个乖宝宝一样，大部分都会被你们的尿液溶解并迅速排出。只有一小部分可能会在胃里捣点小乱，要想让它捣蛋还得有个“帮凶”，那就是胃酸。在酸性条件下，亚硝酸盐生成不稳定的 HNO_2 ，随后快速分解得到亚硝基化反应重要的前体物质 N_2O_3 （亚硝酐）。 N_2O_3 作为亚硝化试剂与次级胺反应生成亚硝胺类物质^[17]（图5）。大家也不用太担心，因为我有办法对付这个小鬼。你知道吗？维生素C、E可是亚硝酸盐的天敌！只要我们在吃酸菜的时候搭配一些富含维生素C、E的食物，比如橘子、橙子、西红柿、坚果等，就能有效地阻止亚硝酸盐捣蛋。

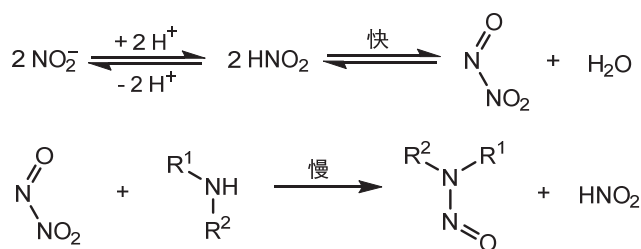


图5 亚硝胺类物质的形成途径

4 结语

我不仅是中国饮食文化中的一颗璀璨明珠，还是世界食品发酵技术的翘楚，我不仅见证了人类智慧的结晶，更承载着人们对健康生活的追求。以我为媒介，让人们的味蕾重返家乡，感受家的温暖和味道；以我为桥梁，继续传承和发扬中国传统美食的独特魅力，让更多的人品味到我这历经千年的美食佳品，酸菜——味觉的最佳伴侣。

参 考 文 献

- [1] He, Z.; Chen, H.; Wang, X.; Wang, X.; Lin, X.; Ji, C.; Li, S.; Liang, H. *LWT Food Sci. Technol.* **2020**, *118*, 108773.
- [2] Song, G.; He, Z.; Wang, X.; Zhao, M.; Cao, X.; Lin, X.; Ji, C.; Zhang, S.; Liang, H. *Food Res. Int.* **2021**, *148*, 110581.
- [3] Cao, X.; Zhao, M.; Zou, S.; Li, Z.; Wu, Y.; Ji, C.; Chen, Y.; Dong, L.; Zhang, S.; Liang, H. *Foods* **2022**, *11* (21), 3310.
- [4] Yang, X.; Hu, W.; Xiu, Z.; Jiang, A.; Yang, X.; Sarengaowa.; Ji, Y.; Guan, Y.; Feng, K. *Food Res. Int.* **2020**, *137*, 109553.
- [5] Satora, P.; Strnad, S. *Appl. Sci.* **2024**, *14* (1), 236.
- [6] Kusznierevicz, B.; Śmiechowska, A.; Bartoszek, A.; Namieśnik, J. *Food Chem.* **2008**, *108* (3), 853.
- [7] Satora, P.; Skotniczny, M.; Strnad, S.; Ženišová, K. *Int. J. Mol. Sci.* **2020**, *21* (24), 9699.
- [8] Siddeeg, A.; Afzaal, M.; Saeed, F.; Ali, R.; Shah, Y. A.; Shehzadi, U.; Ateeq, H.; Waris, N.; Hussain, M.; Raza, M. A.; et al. *Int. J. Food Prop.* **2022**, *25* (1), 2320.
- [9] Dimidi, E.; Cox, R. S.; Rossi, M.; Whelan, K. *Nutrients* **2019**, *11* (18), 1806.
- [10] Tiago, T.; Manuela, O.; Teresa, S. *Plos One* **2018**, *13* (9), e0203501.
- [11] 宋琦. 大学化学, **2008**, *23* (5), 47.
- [12] Gaudio, G.; Weil, T.; Marzorati, G.; Solovyev, P.; Bontempo, L.; Franciosi, E.; Bertoldi, L.; Pedrolli, C.; Tuohy, M. K.; Fava, F. *Front. Microbiol.* **2022**, *13*, 929738.
- [13] Ciska, E.; Honke, J.; Drabińska, N. *Food Chem.* **2021**, *365*, 130498.
- [14] Taylor, S. L.; Leatherwood, M.; Lieber, E. R. *J. Food Sci.* **1978**, *43* (3), 1030.
- [15] 马闯, 高娟娟, 张树鹏, 王霜, 谢康俊, 宋海鸥. 大学化学, **2018**, *33* (6), 1.
- [16] Tricker, A. R. *Eur. J. Cancer Prev.* **1998**, *7* (3), 244.
- [17] Ding, Z.; Johanningsmeier, D. S.; Price, R.; Reynolds, R.; Truong, V.-D.; Payton, C. S.; Breidt, F. *Food Control.* **2018**, *90*, 304.