

乳酸菌发酵对富源酸菜品质及安全性的影响

Effect of lactic acid bacteria fermentation on quality and safety of Fuyuan sauerkraut

黄慧福 肖玉雪

HUANG Hui-fu XIAO Yu-xue

(曲靖师范学院生物资源与食品工程学院, 云南 曲靖 655011)

(College of Biological Resources and Food Engineering, Qujing Normal University, Qujing, Yunnan 655011, China)

摘要:采用液态发酵方式,比较乳酸菌发酵和自然发酵的富源酸菜在整个贮藏过程中不同时间段的感官、理化指标和微生物变化的规律,评价两种发酵方式对富源酸菜品质及安全性的影响。试验结果表明:与自然发酵相比,乳酸菌发酵的富源酸菜感官品质更优;亚硝酸盐含量较低且亚硝峰值出现得较早、pH值较低、总酸含量较高;乳酸菌活菌数量更多,菌落总数、霉菌和酵母菌数量都较少;大肠杆菌未检出。说明乳酸菌发酵制作的富源酸菜在品质及安全性方面都优于自然发酵的富源酸菜。

关键词:富源酸菜;乳酸菌发酵;自然发酵;品质;安全

Abstract: In this study, liquid fermentation method was used to evaluate the effect of two fermentation methods on the quality and safety of Fuyuan sauerkraut by comparing the sensory, physical and chemical indicators and microbial changes of Fuyuan sauerkraut with lactic acid bacteria fermentation and natural fermentation in different periods during the whole storage process. The results showed that compared with natural fermentation, the sensory quality of Fuyuan sauerkraut fermented by lactic acid bacteria was better; the nitrite content was lower and the nitrous peak value appeared earlier, the pH value was lower, and the total acid content was higher; the number of live bacteria in lactic acid bacteria was more, the total number of colonies, molds and yeasts were less; *Escherichia coli* was not detected. The results of this study showed that the quality and safety of Fuyuan sauerkraut produced by lactic acid bacteria fermentation were better than that of Fuyuan sauerkraut produced by natural fermentation.

Keywords: Fuyuan sauerkraut; lactic acid bacteria fermentation; natural fermentation; quality; safety

传统酸菜是经自然发酵而成的风味独特的腌制品,含较多活性乳酸菌与膳食纤维,但是经传统发酵的酸菜易积累亚硝酸盐,带来了较大的安全性问题^[1];同时传统方法腌制的酸菜,发酵慢、时间长、酸味弱,环境情况影响较大,产品质量不稳定,严重制约了酸菜发酵工业的发展^[2]。加入乳酸菌可以改善酸菜部分品质,因为乳酸菌在代谢过程中由核糖体合成的一类有抑菌活性效果的多肽或前体多肽,能高效抑制杂菌繁殖、减少亚硝酸盐积累、减短发酵周期等,从而提高产品质量^[2];加入茶多酚还会影响发酵初期杂菌的生长繁殖,有效抑制还原型微生物将硝酸盐还原为亚硝酸盐^[3-4];V_C也能在一定程度上降低亚硝酸盐形成量^[5-6]。

富源酸菜就是采用传统自然发酵法,以新鲜青菜、萝卜为主要原料腌制(发酵)的。云南省富源县境内特有的一种酸菜,因为其特有的风味一直受本地人们的青睐,但是传统生产的富源酸菜也存在上述的共性问题。目前未见关于富源酸菜的研究报道。本研究采用乳酸菌液体发酵法与自然发酵法制作富源酸菜,加入了茶多酚、V_C,通过比较二者在发酵贮藏过程中感官、部分理化、微生物指标变化情况,以期得到改善富源酸菜品质和安全性的加工方法,为提升富源酸菜质量和改进加工工艺提供理论依据,推动富源酸菜产业化发展。

1 材料与方法

1.1 试验材料

有机白萝卜、食用盐、冰糖、蒜末、姜丝、纯净水、玉米面;市售;

乳酸菌;泡菜酸菜乳酸菌发酵粉,北京川秀科技有限公司;

基金项目:云南省大学生创新创业训练项目(编号:教高司[2017]7号);曲靖师范学院教育教学改革研究项目(编号:JGXM201807)

作者简介:黄慧福(1973—),女,曲靖师范学院副教授,硕士。
E-mail: huihui4140@sina.com

收稿日期:2019-02-09

Vc:安徽中南生物科技有限公司;
茶多酚:好时光配料有限公司;
对氨基苯磺酸:分析纯,天津市致远化学试剂有限公司;
亚硝酸钠、乙酸锌、亚铁氰化钾、硼砂:分析纯,天津市风船化学试剂科技有限公司;
盐酸奈乙二胺:分析纯,天津市光复精细化工研究所。

1.2 主要设备及仪器

紫外可见分光光度仪:TU1900 型,北京普析通用仪器有限公司;
pH 计:PHS-3C 型,上海仪电科学仪器股份有限公司;
粉碎机: SJ204-230 型,浙江苏泊尔股份有限公司;
电子分析天平:ME103 型,特勒托—利多仪器有限公司;
循环水式真空泵:SHZ-(III)型,上海标和仪器有限公司;
超纯水机:UPT-I-20T 型,上海优普实业有限公司;
鼓风干燥箱:DHG-9245A 型,上海恒科学仪器有限公司;
隔水式恒温培养箱:GHP-9080 型,上海恒科学仪器有限公司;
灭菌器:LDZX-30KBS 型,上海申安医疗器械厂;
双人超净工作台:HS-1300U 型,苏州净化设备有限公司;
微生物培养箱:IMC8 型,上海高致精密仪器有限公司。

1.3 试验方法

以白萝卜为主要材料,采取乳酸菌发酵和自然发酵两种发酵方法腌制水酸菜,经过对比研究两种发酵方法下有关水酸菜品质及安全性指标的动态变化情况。

按照工艺制作两种发酵方式的水酸菜,在室温贮藏 1,3,5,7,14,21,28 d,观察感官品质、测定亚硝酸盐、总酸、pH 值及微生物(乳酸菌、菌落总数、酵母菌、霉菌、大肠杆菌)的动态变化,用以比较两种方式对富源酸菜品质和安全性影响。

1.3.1 发酵液及两种方式发酵样品的制作

(1) 发酵液制备:称取萝卜质量 2 倍的生活饮用水,加入 2% 的食盐和 1% 的冰糖,溶解,再加入辣椒面、姜、蒜、玉米面,使之煮沸杀菌,冷却后加入 0.5% Vc、0.1% 的茶多酚,搅拌均匀后即为发酵液。

(2) 自然发酵富源酸菜制作:萝卜挑拣,进行清洗、切丝、计重,放入清洗消毒的发酵罐中,加入制备好的发酵液,使其混合均匀并进行密封,在 42℃ 的隔水式恒温培养箱发酵 5 h 即为成品,再取出在室温贮藏。

(3) 乳酸菌液态发酵富源酸菜制作:在发酵液中加入乳酸菌发酵粉并搅拌溶解备用;萝卜挑拣,进行清洗、切丝、计重,放入清洗消毒的发酵罐中,加入制备好的发酵液,使其混合均匀并进行密封,在 42℃ 的隔水式恒温培养箱发酵 5 h 后即为成品,再取出在室温下贮藏。

1.3.2 指标测定 在室温下贮藏 1,3,5,7,14,21,28 d 时取样并进行下面指标检测。

(1) 感官指标:10 位专业人参照如表 1 所示的评分标准进行评分。

表 1 酸菜的感官评分标准

Table 1 Standards of sensory evaluation of Fuyuan sauerkraut

分数	组织形态(与新鲜原料相比)	气味	口感	脆性	色泽
20	差别极大	无发酵香	无酸味	软	暗淡伴有白花
40	差别大	略有发酵香	微酸味	较软	暗淡无白花
60	差别小	有发酵香	酸味刺激	略有脆性	略有光泽
80	略有差别	香味浓	酸味较柔和	有脆性	有光泽
100	基本一致	香味浓且纯正	酸味柔和	脆性足	光泽度好

(2) 理化指标:亚硝酸盐测定按 GB/T 5009.33—2010 的盐酸奈乙二胺法执行;pH 值用精密的 pH 计测定;总酸测定按 GB/T 12456—2008 执行。

(3) 微生物指标:乳酸菌培养及计数按 GB 4789.35—2016 执行;菌落总数按 GB 4789.2—2016 执行;霉菌和酵母菌计数按 GB 4789.15—2016 执行;大肠菌群计数按 GB 4789.3—2016 执行。

2 结果与分析

2.1 贮藏过程中感官评定分析

由图 1 可以看出,乳酸菌发酵法在整个过程的评分均高于自然发酵法;乳酸菌发酵法的最高分出现在第 7 天,评分为 83 分;自然发酵法的最高分出现在第 14 天,评分为 76 分。说明采用乳酸菌发酵法的富源酸菜感官品质好于自然发酵法,而且发酵速度也比自然发酵法快。

因为乳酸菌发酵富源酸菜后期环境 pH 更低、总酸含量更高,致使果胶含量高,酸菜的脆性更好,质构优;并且由于总酸含量较高,有机酸种类多,使得酸菜的口感更加柔和,酸味更加醇香。所以相对于自然发酵法,乳酸菌发酵法的富源酸菜感官品质更好。由于乳酸菌是酸菜发酵中的优势菌种,所以乳酸菌发酵乳酸菌数量较多,可以缩短发酵时间。

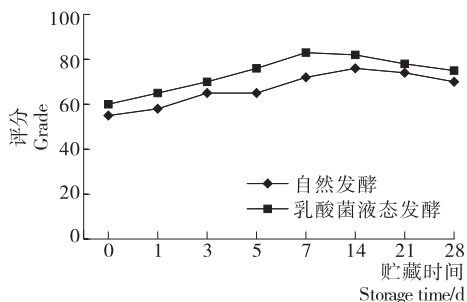


图1 2种发酵方法在贮藏过程中的感官指标综合评分

Figure 1 Results of sensory evaluation of two fermentation methods during storage

2.2 贮藏过程中亚硝酸盐的变化

由图2可看出,在整个过程中,乳酸菌发酵法中亚硝酸盐含量都低于自然发酵法中亚硝酸盐含量,乳酸菌发酵法的亚硝峰值出现在第5天(13.56 mg/kg),之后都呈现明显下降,7 d后在较低亚硝值的范围内略微下降;自然发酵法的亚硝峰值出现在第7天(为16.82 mg/kg),之后都呈现明显下降,14 d后在低亚硝值的范围内略微下降。从两种发酵方式对亚硝酸盐的含量影响看来,乳酸菌发酵能更好地控制亚硝酸盐含量,能更好地提高酸菜安全性,而且乳酸菌发酵能加快发酵速度。其中两个亚硝峰值都低于 GB 2762—2017 中腌渍蔬菜的规定(20 mg/kg)。

乳酸菌发酵法较为明显地降低亚硝酸盐含量,由于乳酸菌数量较多,产酸较多,致使较低 pH 能在一定程度上抑制有害菌及一些还原性细菌的生长繁殖,从而减少亚硝酸盐的含量;乳酸菌在代谢过程中由核糖体合成的

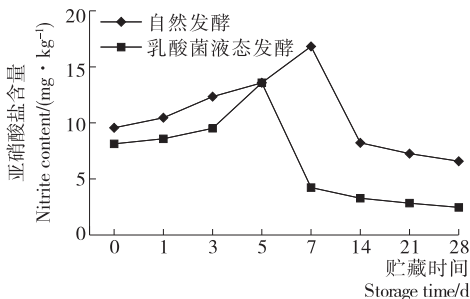


图2 亚硝酸盐在贮藏过程中的变化

Figure 2 Changes of nitrite concentrations during storage

一类有抑菌活性效果的多肽或前体多肽,能高效抑制杂菌繁殖、减少亚硝酸盐含量。

本研究发现无论是自然发酵还是人工加入乳酸菌发酵,亚硝值在贮藏食用期都远低于酸菜的国家标准及富源酸菜的企业标准,而且都在比较安全范围内变化,可能原因之一是本试验使用的是有机萝卜,原因之二是辅料中加入茶多酚和 V_C ,试验再次证明减少氮肥使用、加入茶多酚和 V_C 都能一定程度地抑制或减少亚硝酸盐形成。

2.3 贮藏过程中 pH 值的变化

由图3可看出,在贮藏过程中两种方式发酵的富源酸菜的 pH 值总体都有下降趋势,但由于乳酸菌发酵法中乳酸菌较多,所以环境 pH 的下降速度更快且较自然发酵法的 pH 值低。乳酸菌发酵法 pH 值在第7天下降到最低为 2.58,后期 pH 值保持稳定趋势;自然发酵法 pH 在第14天降到最低值为 3.23,后期 pH 值也保持相对稳定趋势。说明乳酸菌发酵微生物代谢更快,发酵速度比自然发酵快。

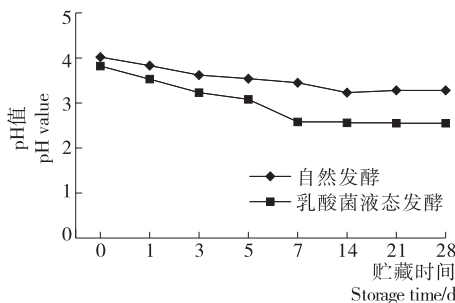


图3 pH 值在贮藏过程中的变化

Figure 3 Changes of pH during storage

2.4 总酸在贮藏过程中的变化

泡菜在发酵过程中产生乳酸、乙酸、丙酸、丁酸、琥珀酸等多种酸,赋予泡菜柔和的酸味;酸度越高,酸菜在保期颜色变化越小,高酸度有效抑制酶促褐变的产生;酸度越高,酸菜脆度变化越小,因为在酸性环境阻止果胶酶的作用,不利于果胶的分解;同时酸性环境可防止 V_C 的降解^[7-9]。由图4可以看出,在贮藏过程中两种发酵方法的总酸都呈现先上升趋势,后又呈现微上升的趋势。但在整个贮藏过程中乳酸菌发酵的富源酸菜总酸含量大于自然发酵法。乳酸菌发酵的酸菜总酸含量较高,说明产生的酸种类与含量较多,酸味更柔和,颜色变化小,脆性保持更好,故使酸菜的感官品质更优,证明了图1中乳酸菌发酵法的富源酸菜感官品质好于自然发酵法。

2.5 发酵和贮藏过程中微生物的变化

2.5.1 乳酸菌变化 由图5可以看出,在整个贮藏期间2种发酵方式下乳酸菌数量都呈现先上升后下降的趋势,且乳酸菌发酵法乳酸菌数量多于自然发酵。乳酸菌发酵

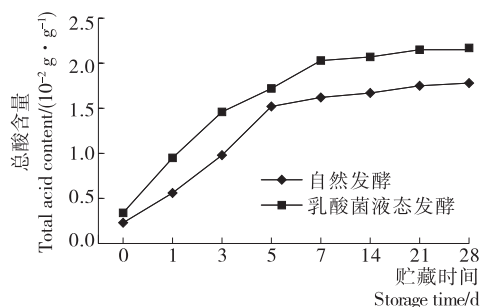


图 4 在贮藏过程中总酸的变化

Figure 4 Changes of total acid during storage

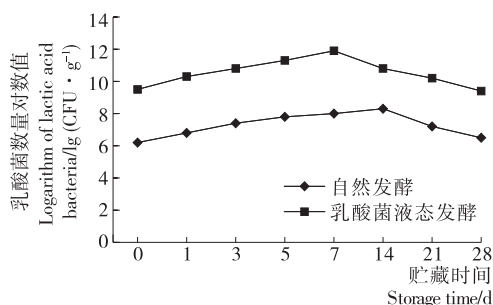


图 5 在贮藏过程中乳酸菌数量的变化

Figure 5 Changes of lactic acid bacteria counts during storage

中乳酸菌数量对数值在第 7 天数量最多为 11.9 lg(CFU/g),之后乳酸菌的数量呈现下降趋势;自然发酵法乳酸菌数量对数值在第 14 天数量最多为 8.3 lg(CFU/g),之后呈现下降趋势。由于乳酸菌是酸菜发酵中的优势菌种,所以乳酸菌发酵乳酸菌数量较多,可以缩短发酵时间。

2.5.2 细菌菌落总数变化 图 6 为在贮藏过程中两种发酵方式下细菌菌落总数的变化情况。由图 6 可以看出,二者在贮藏过程中菌落总数呈下降趋势;但是乳酸菌发酵法由于乳酸菌数量较多,产生的乳酸较多,形成较强的酸性环境,更好地抑制了杂菌的生长繁殖;菌落总数在整个过程中都比自然发酵少。所以,相比之下乳酸菌发酵抑菌效果更好,提高了富源酸菜的食用安全性。

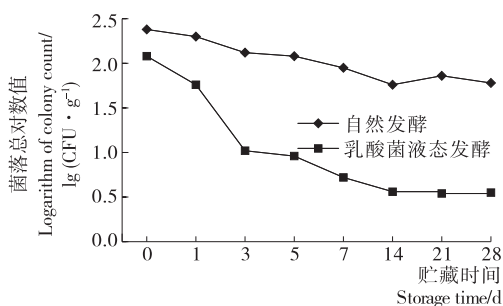


图 6 在贮藏过程中菌落总数的变化

Figure 6 Changes of bacteria counts during storage

2.5.3 霉菌数量变化 由图 7 可以看出,在贮藏过程中自然发酵法中霉菌数量较多,随着贮藏时间延长,乳酸菌繁殖形成酸性环境,抑制了部分霉菌的生长,但整个贮藏过程中都能检测到霉菌存在;乳酸菌发酵法的霉菌数量初始值较低,且在贮藏 5 d 后均未检测出霉菌。说明乳酸菌发酵能更好地抑制霉菌生长繁殖,能提高富源酸菜的食用安全性,因为乳酸菌发酵中乳酸菌数量多,产生大量乳酸,抑制了霉菌繁殖。

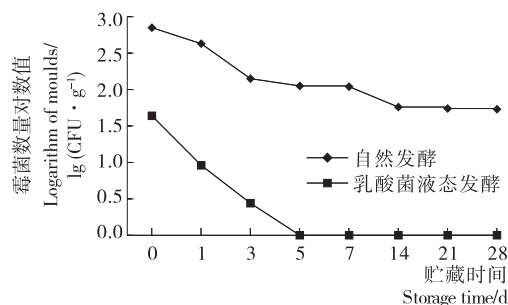


图 7 在贮藏过程中霉菌数量的变化

Figure 7 Changes of moulds during storage

2.5.4 酵母菌数量变化 由图 8 可以看出,在贮藏过程中自然发酵法酵母菌数量均高于乳酸菌发酵法中酵母菌数量。在乳酸菌发酵法中由于酸性环境较强,后期不适合酵母菌繁殖,酵母菌数量大量减少。说明乳酸菌发酵法能更好地抑制酵母菌生长繁殖。

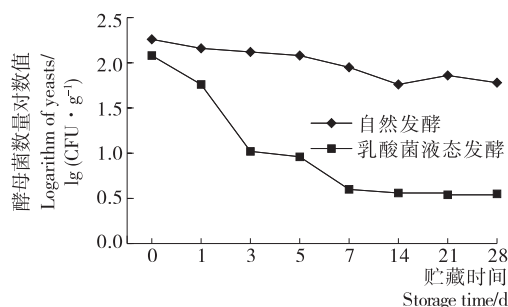


图 8 在贮藏过程中酵母菌数量的变化

Figure 8 Changes of yeast counts during storage

2.5.5 大肠菌群变化 在整个贮藏过程中,两种发酵方式的富源酸菜中均未检出大肠菌群。

3 结论

(1) 与传统自然发酵法相比,乳酸菌发酵法制作的富源酸菜能提高富源酸菜的安全性和品质;能缩短发酵周期,延长保质期,有利于实现富源酸菜的规模化生产。

(2) 综合考虑富源酸菜的品质和安全性,建议乳酸菌发酵的富源酸菜在室温贮藏第 7 天后食用,自然发酵法的富源酸菜在室温贮藏第 14 天后食用。

(3) 本试验采用的乳酸菌为丹麦进口菌种,未对富源

(下转第 201 页)

- [9] 李薇, 郑炯, 陈映衡, 等. 超声波处理对豌豆淀粉糊化、流变及质构特性的影响[J]. 食品与机械, 2018, 34(5): 32-37.
- [10] 贺财俊. 籼米碾磨程度与综合品质变化关联分析[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2017: 10-27.
- [11] CAI Jin-wen, MAN Jian-min, HUANG Jun, et al. Relationship between structure and functional properties of normal rice starches with different amylose contents[J]. Carbohydrate Polymers, 2015, 125(10): 35-44.
- [12] LI Zhen-ni, WANG Li, CHEN Zheng-xing, et al. Impact of protein content on processing and texture properties of waxy rice flour and glutinous dumpling[J]. Journal of Cereal Science, 2018, 81: 30-36.
- [13] CARCEA M, ACQUISTUCCI R. Isolation and physico-chemical characterization of fonio (*Digitaria exilis* Stapf) starch[J]. Starch-Stärke, 1997, 49: 131-135.
- [14] CHEETHAM N W H, TAO Le-ping. Variation in crystalline type with amylose content in maize starch granules: An X-ray powder diffraction study[J]. Carbohydrate Polymers, 1998, 36(4): 277-284.
- [15] DEVI A F, FIBRIANTO K, TORLEY P J, et al. Physical properties of cryomilled rice starch[J]. Journal of Cereal Science, 2009, 49(2): 278-284.
- [16] RIBOTTA P D, ROSELL C M. Effects of enzymatic modification of soybean protein on the pasting and rheological profile of starch-protein systems[J]. Starch-Stärke, 2010, 62(7): 373-383.
- [17] NAWAB A, ALAM F, HASNAIN A. Functional properties of cowpea (*Vigna unguiculata*) starch as modified by guar, pectin, and xanthan gums[J]. Starch-Stärke, 2014, 66: 832-840.
- [18] ZHANG Bao, BAI Bin, PAN Yi, et al. Effects of pectin with different molecular weight on gelatinization behavior, textural properties, retrogradation and in vitro digestibility of corn starch[J]. Food Chemistry, 2018, 264(30): 58-63.
- [19] 裴晶莹, 赵佳慧, 李晓磊, 等. 刺槐豆胶与玉米淀粉混合物流变性分析[J]. 食品研究与开发, 2018(1): 1-4.
- [20] KUMAR P A, PUSHPADASS H A, FRANKLIN M E E, et al. Effect of enzymatic hydrolysis of starch on pasting, rheological and viscoelastic properties of milk-barnyard millet (*Echinochloa frumentacea*) blends meant for spray drying[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2016, 91: 838-845.
- [21] JOSHI M, ALDRED P, PANOZZO J F, et al. Rheological and microstructural characteristics of lentil starch-lentil protein composite pastes and gels[J]. Food Hydrocolloids, 2014, 35: 226-237.

(上接第 194 页)

酸菜中的本土菌种进行研究。在接下来的研究将从富源酸菜的分离本土乳酸菌, 采用筛选出的具有良好发酵能力和产香潜力的菌株, 进行发酵中试, 研究出特色鲜明的富源酸菜, 并在合作企业中进行产业化应用。

参考文献

- [1] 黄慧福, 潘丽君, 杨丽, 等. 降低富源酸菜中亚硝酸盐含量的研究[J]. 食品工业, 2018(4): 162-166.
- [2] 韩新锋, 刘书亮, 张艾青, 等. 产细菌素植物乳杆菌纯种半固态发酵对泡菜品质的影响[J]. 中国酿造, 2012, 31(7): 72-76.
- [3] 黄慧福, 杨丽, 潘丽君, 等. 降低叉烧肉中亚硝酸盐残留量的研究[J]. 食品科技, 2017, 42(12): 133-137.
- [4] 张庆乐, 王浩, 张丽青, 等. 茶溶液浸泡对黄瓜中硝酸盐和亚硝酸盐含量的影响[J]. 食品工业科技, 2009, 30(4): 131-133.
- [5] 王向阳, 金龙. 萝卜干腌制中亚硝酸盐的抑制研究[J]. 中国调味品, 2015, 40(2): 5-7.
- [6] 加列西, 马那甫, 德纳, 等. Vc清除酱油亚硝酸盐的响应面优化[J]. 东北农业大学学报, 2014, 45(7): 124-128.
- [7] 燕平梅, 薛文通, 张惠. 纯种发酵技术对发酵甘蓝中亚硝酸盐含量的影响[J]. 中国农业大学学报, 2007, 12(3): 70-74.
- [8] 王金菊, 崔宝宁, 张志洲. 泡菜风味形成的原理[J]. 食品研究与开发, 2008(12): 163-166.
- [9] 励慧敏. 提高酸菜风味包保存期品质的研究[J]. 食品研究与开发, 2011(8): 53-55.

信息窗

巴西拟制定用于鱼类及其制品的食品添加剂标准

2019年4月16日, 巴西卫生监督局发布第634号公众咨询文件, 拟制定用于鱼类及其制品的食品添加剂标准, 该标准列出了拟授权使用的食品添加剂名称、功能、最大使用量、使用条件等, 涉及焦糖 III、磷酸盐、

海藻酸、海藻酸钾、海藻酸钠、海藻酸铵、海藻酸钙、琼脂等食品添加剂品种。

向公众征求意见时间截至 2019 年 6 月 25 日。

(来源: <http://news.foodmate.net>)