

减少食品中亚硝酸盐危害的研究进展

王流国^{1*}, 王雪蒙²

(1. 四川省达州市宏隆肉类制品有限公司, 达州 263500; 2. 西南大学食品科学学院, 重庆 400715)

摘要: 本文阐述了食品中亚硝酸盐的危害和来源。亚硝酸盐的主要来源为蔬菜生长过程中和腌制过程中积累的亚硝酸盐, 其次是亚硝酸盐作为着色剂、防腐剂和抗氧化剂添加的腌腊肉制品。摄入 0.3~0.5 g 亚硝酸盐就可引起中毒, 摄入 3 g 甚至会致死。减少蔬菜中的亚硝酸盐含量主要靠控制腌制时间和腌制过程中盐的浓度以及烹饪后尽快食用来减少亚硝酸盐的生成量。而减少腌腊肉制品中的亚硝酸盐则主要从 2 个方面入手, 一是直接减少亚硝酸盐的使用量或者完全不使用亚硝酸盐; 二是阻断亚硝胺的形成。研究表明, 发色剂红曲色素、抑菌剂乳酸菌及乳酸链球菌素、抗氧化剂茶多酚以及亚硝胺生成阻断剂 α -生育酚、姜蒜汁等都能够有效地减少腌腊肉制品中亚硝酸盐的含量, 降低食品中亚硝酸盐的危害。

关键词: 食品; 亚硝酸盐; 蔬菜; 腌制肉制品

Research progress of method for reducing nitrite in foods

WANG Liu-Guo^{1*}, WANG Xue-Meng²

(1. Sichuan Dazhou Honglong Meat Products Co., Ltd., Dazhou 263500, China; 2. College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400715, China)

ABSTRACT: This article introduced the hazard and source of nitrite in food. Vegetable growth process and the accumulation in curing process were the main sources of nitrite, followed by the cured meat which added nitrite as colorant, preservatives and antioxidants. Nitrite intake at 0.3~0.5 g can cause poisoning, nitrite intake at 3 g can even cause death. In order to reduce the content of nitrite in vegetables, the curing time and salt concentration in the curing process should be controlled, and cooked vegetables should be ate immediately. While reducing the content of nitrite in cured meat depends on 2 aspects, firstly the amount of nitrite should be reduced or not used in cured meat; secondly the formation of nitrosamines can be blocked. Studies show that hair color agents-*Monascus* pigment, antibacterial agents-*Lactic acid bacteria* and *Nisin*, antioxidants-polyphenols and nitrosamine generation blockers- α -tocopherol, ginger and garlic juice can effectively reduce the content of nitrite in cured meat products, and reduce the harm of nitrite in food.

KEY WORDS: food; nitrite; vegetable; cured meat products

1 引言

亚硝酸盐是一类无机化合物总称, 其物理状态为固体粉末或颗粒状, 呈白色或淡黄色, 易溶于水, 味微咸, 外观和滋味都与氯化钠相似。食品中的亚硝酸盐主要指亚

硝酸钠和亚硝酸钾, 以亚硝酸钠为主。亚硝酸盐在食品生产中被用作食品的着色剂、防腐剂和抗氧化剂, 能够赋予肉制品诱人的色泽, 同时对肉毒梭状芽孢杆菌有抑制作用, 有助于肉制品风味的产生和保持。国外研究表明, 亚硝酸盐定量摄入对人体心血管系统还颇有好处, 因为亚硝酸盐本

*通讯作者: 王流国, 主要研究方向为食品质量与安全。E-mail: 472656970@qq.com.

*Corresponding author: WANG Liu-Guo, Sichuan Dazhou Honglong Meat Products Co., Ltd., Sichuan 263500, China. E-mail 472656970@qq.com

身是一种血管扩张剂,它能够在体内畅通血管改善血流,并且帮助人体控制血压^[1-5]。但对亚硝酸盐的使用有一定的限量标准,若摄入过量则会导致中毒现象,所以研究亚硝酸盐的替代物以减少食品中亚硝酸盐含量至关重要,以降低人们从膳食中摄入过量亚硝酸盐而中毒的危害。

2 亚硝酸盐的危害

亚硝酸盐为强氧化剂,过量硝酸盐进入人体后将人体血液中正常的血红蛋白氧化成高铁血红蛋白,使血红蛋白失去携氧能力,引起组织缺氧中毒,形成高铁血红蛋白症,引起人体呼吸困难,皮肤发紫,重者可致器官缺氧受损,智力受影响等后遗症,严重者昏迷、惊厥、大小便失禁,可因呼吸衰竭而死亡。一般人体摄入0.3~0.5 g亚硝酸盐便可引起中毒^[6],超过3 g则可致死。亚硝酸盐能够通过胎盘进入胎儿体内,造成胎儿先天畸形,此外,亚硝酸盐还可通过乳汁进入婴儿体内,造成婴儿机体组织缺氧,皮肤、粘膜出现青紫斑。亚硝酸盐本身并不会直接引起人体癌变,但是亚硝酸盐可与食物或胃中的胺反应,生成亚硝基化合物如亚硝胺,而亚硝基化合物可导致人体多种癌症,主要诱发鼻咽癌、食道癌、胃癌及肝癌等^[7-11]。

我国对食品中的亚硝酸盐的使用制定了严格的限量标准。GB/T 5009.33-2008^[12]、SB/T 10278-1997^[13]以及GB/T 20712-2006^[14]中规定食品中亚硝酸盐限量为:乳粉、食盐 2 mg/kg;蔬菜 4 mg/kg;粮食、鱼类、肉类 3 mg/kg;蛋类 5 mg/kg;酱腌菜 20 mg/kg;香肠、广式腊肉 20 mg/kg;肉质品、火腿肠、灌肠类 30 mg/kg。

3 食品中亚硝酸盐的来源

3.1 作为食品发色剂和防腐剂

食品生产企业常在一些食品如腌腊肉制品中添加亚硝酸盐作为食品发色剂和防腐剂,以改善风味、色泽,抑制肉毒梭菌生长和繁殖。

3.2 蔬菜腌制过程中产生

蔬菜在腌制过程中,要控制腌制的时间、温度、加盐量等因素。在腌制过程中,随着时间的推移,亚硝酸盐的生成量会出现一定的峰值,超过一定时间,亚硝酸盐含量变化不明显^[15]。此外,温度越高,腌制过程中产生的亚硝酸盐含量越高。

3.3 不新鲜蔬菜转化而来

研究表明,人类摄取的81.2%以上硝酸盐来自蔬菜^[16,17]。蔬菜在生长过程中能够从土壤中吸收硝酸盐,如果土壤中施用过多含硝酸盐的化肥后,蔬菜中更容易蓄积较多的硝酸盐^[18-19]。蔬菜本身都含有一定量的亚硝酸盐,加工后在放置的过程中会不同程度地产生亚硝酸盐,尤其常温下放置6~24 h时,亚硝酸盐含量急剧升高^[20]。此外,熟

食中的亚硝酸盐含量高于生鲜食物。在蔬菜的贮藏、加工、食用过程中,硝酸盐还原菌会促进硝酸盐转化为亚硝酸盐,从而使亚硝酸盐含量增多。

3.4 水体中的亚硝酸盐

在养殖过程中,可能会造成水体的富营养化,并且养殖动物的分泌物和排泄物沉积水底,在一定条件下极易发生还原反应,将氮转化成亚硝酸盐。此外,工业废水和生活污水的排放以及农业生产活动中的各种肥料、农药渗入水体,增加了地下水中有毒有害物质的产生^[21]。

4 减少食品中亚硝酸盐的措施

4.1 腌制蔬菜制品

腌制蔬菜的腌制时间、盐浓度及温度对亚硝酸盐的含量会产生一定的影响。在蔬菜腌制的过程中腌制液的盐浓度为5%~10%时,温度越高,所产生的亚硝酸盐就越多;但是当盐浓度达到15%时,亚硝酸盐的含量变化不明显。另外,蔬菜腌制7~8 d时,亚硝酸盐含量达到最高,形成“亚硝峰”,9 d后则趋于下降。所以腌制蔬菜时要注意环境温度,不能温度过高,并且要注意腌制过程中盐溶液的浓度,才能有效的控制食用腌制蔬菜时中亚硝酸盐的含量,尽量减少亚硝酸盐含量在腌制过程中的增加。食用腌制蔬菜时应注意不要食用腌制时间短或没有腌制好的蔬菜^[22-23]。

4.2 腌制肉品

亚硝酸盐在腌制肉品中起发色、抑菌、抗氧化和增加风味的作用^[24-26],从以下两个方面选择亚硝酸盐替代物:(1)减少亚硝酸盐的使用量或者完全不使用亚硝酸盐;(2)阻断亚硝胺的形成。在实际生产上已经应用的亚硝酸盐替代物有:发色剂(红曲色素、甜菜红、蛋黄粉、抗坏血酸、氨基酸等);抑菌剂(乳酸菌、乳酸链球菌素、山梨酸钾等);抗氧化剂(茶多酚、竹叶抗氧化物等);亚硝胺生成阻断剂(α -生育酚、烟酰胺、姜蒜汁等)^[27,28]。

4.2.1 红曲色素

红曲色素是红曲霉在生长代谢过程中产生的天然色素^[29]。红曲色素对酸碱稳定,在酸碱pH条件下均保持稳定的红色;耐热力强,在肉类制品加工温度下颜色稳定;对蛋白质着色力强;性质稳定,不受金属离子、氧化剂、还原剂的影响;安全性高。红曲色素能够有效抑菌,用红曲色素代替亚硝酸盐,可以使肉制品得到很好的色泽,不仅减少了亚硝酸盐的用量,还增加了肉制品中氨基酸的含量^[30]。

在低硝腊肉中添加0.14 g/kg红曲色素(亚硝酸钠的使用量为0.04 g/kg)时即可满足消费者的感官要求,在减少了60%亚硝酸盐用量也保持了良好的抑菌和抗氧化效果,同时也增加了肉制品中氨基酸的含量,赋予了产品独特风味。但是红曲色素的开发和应用中存在问题:(1)1995年法国学者Blanc^[31]在红曲霉的培养物中检测出一种对人

畜有害的真菌毒素-橘霉素, 目前国际上还没有从根本上解决这一难题; (2) 红曲色素的生产成本较高, 使得红曲色素在肉制品中的应用受到了限制。因此, 要加强红曲色素的提取工艺研究, 使红曲色素的提取率尽可能高, 降低红曲色素的生产成本, 同时通过现代生物技术手段对红曲霉进行育种筛选, 从根本上减少橘霉素的生成, 推动红曲色素在肉制品加工产业的发展。

4.2.2 乳酸菌

应碧等^[32]研究表明, 乳酸菌应用于肉制品的加工中能够显著降低亚硝酸盐生成, 并具有多方面的作用。(1) 改善肉制品的色泽和风味。与未加入乳酸菌的肉制品对比发现, 加入乳酸菌的肉制品色泽鲜艳度更好, 红色色素更稳定, 此外乳酸菌发酵产生的乳酸使部分胶原蛋白变性, 提高了肉制品的硬度和弹性, 促进了腌腊肉制品良好风味的形成; (2) 乳酸菌发酵, 产生了大量的乳酸, 降低了 pH, 亚硝酸钠在乳酸的作用下生成游离的亚硝酸, 接着分解生成-NO, -NO 结合猪血中的血红蛋白生成亚硝基血红蛋白(Hb-NO), 从而降低了亚硝酸盐的残留量; (3) 乳酸菌发酵使环境 pH 偏酸, 抑制腌制品中的大多数微生物生长, 延长了产品的保质期; (4) 食品原料经乳酸菌发酵后, 使蛋白质、脂肪和糖类分解为人体更易吸收的小分子, 提高成品的消化吸收性及其营养价值^[33,34]。朱英莲^[35]研究发现戊糖乳杆菌能够有效的促进肉品发色, 提高肉制品的安全性。

游刚等^[36]研究发现, 乳酸菌在亚硝酸盐的诱导下能够产生亚硝酸盐还原酶, 降解亚硝酸盐, 提高腌腊制品的安全性。添加复合乳杆菌的低盐腌制的鱼肉中的亚硝酸盐和亚硝胺含量明显低于未添加组。李春等^[37]研究了乳酸菌降解亚硝酸盐的作用机制, 乳酸菌对亚硝酸盐的降解分 2 个阶段, 发酵前期以酶降解为主, 发酵后期以酸降解为主。其中酸是引起亚硝酸盐降解的主要因素, 亚硝酸盐在 pH 低于 6 时大量降解。此外, 研究者们近年对泡菜中能降解亚硝酸盐的乳酸菌进行了筛选鉴定^[38], 并且对乳酸菌降解亚硝酸盐的发酵条件进行了研究^[39]。

4.2.3 乳酸链球菌素(Nisin)

乳酸链球菌素是由微生物代谢产生的具有很强杀菌作用的天然代谢产物, 世界上公认安全的天然食品防腐剂, 也是目前惟一允许在食品生产中作为防腐剂使用的细菌素。在肉制品中可采用 Nisin 和少量的亚硝酸盐(40 mg/kg) 作为发色剂配合使用从而降低腌腊肉制品中亚硝酸盐的含量, 抑制细菌的生长和繁殖, 从而延长货架期^[40]。

4.2.4 亚硝基血红蛋白、氨基酸替代发色

传统的腌肉色素的食盐或硝酸盐对体会造成一定的伤害, 而新型腌肉色素由肌红蛋白转变而成或由血红蛋白制备, 在腌腊肉制品中替代或减少发色作用的亚硝酸盐, 成为一种安全的色素。利用蛋白质经糖基化处理后合成制

备糖基化亚硝基血红蛋白, 使其物化性能得到提高, 包括其溶解性。光照稳定性以及热稳定性, 扩大了血红蛋白类色素的实用性^[41]。

利用血液生产亚硝基血红蛋白, 不仅可以代替亚硝酸盐作为发色剂, 减少腌肉制品中亚硝酸盐的含量, 提高腌肉制品的安全性, 同时血液中的铁元素具有一定的保健功能, 具有广阔的发展前景。王炎炎^[42]以鸭血合成亚硝基血红蛋白, 再合成糖基化亚硝基血红蛋白, 确定了最佳制备工艺为向 10 mL 亚硝基血红蛋白加入 5.75 mL 2% 的葡萄糖, 调节 pH 为 4.5, 50 °C 加热 20 min。

另外, 在腊肉制品中加入碱性氨基酸如赖氨酸和精氨酸也可以阻断二甲基亚硝胺的形成, 降低亚硝酸盐的生成, 并有良好的护色效果。杨锡洪等^[43]研究表明, 组氨酸能够与血红蛋白形成配位复合物-无硝色素, 使肉制品具有稳定的、理想的色泽。

4.2.5 竹叶抗氧化物(AOB)、茶多酚、抗坏血酸等抗氧化物

竹叶提取物在 2004 年成为我国国标中规定的天然抗氧化物。王文艳等^[44]研究表明, 竹叶抗氧化物(AOB)在肉制品中应用能显著降低产品亚硝酸盐含量, 通过测定过氧化脂生成物和过氧化值分析得出加入 0.01%~0.02% 的 AOB 能显著提高产品的抗氧化性, 并且添加 0.01% 的 AOB 对中式香肠的色泽、风味和口感均无不良影响。

茶叶中的茶多酚, 能够阻断 N-亚硝基化合物合成反应茶多酚含量越高, 亚硝酸盐清除的效果越好。钟希琼^[45]等研究表明在体外模拟人胃液条件下, 测定自然冲泡下几种茶叶冲泡液对亚硝酸盐的清除作用以及对亚硝胺合成的阻断作用, 结果发现绿茶对亚硝酸盐的清除率最高, 对亚硝胺合成的阻断作用也较强, 其次是普洱茶、乌龙茶和红茶。

在腌肉制品中加入抗坏血酸、维生素 E、烟酰胺和葡萄糖可以加速亚硝酸盐的发色作用, 使亚硝酸盐含量迅速减少。其中在腌肉制品中加入抗坏血酸可以促进亚硝酸盐还原成 NO, 并与肌红蛋白反应产生粉红色, 缩短原料肉的腌制时间, 使产品发色均匀。烟酰胺和维生素 C 配合使用有使肉发色和防止褪色的作用。在肉品腌制时加入葡萄糖可以促进葡萄糖的分解, 增强颜色的稳定性, 但是食用时经蒸煮后颜色变暗^[46]。

4.2.6 酶法控制

亚硝酸盐还原酶大多数是胞内酶, 在细胞内能有效地发挥作用, 在细胞外效果较差。它也是一种氧化还原酶, 反应过程中需要电子传递体参与催化反应。亚硝酸盐还原酶酶活在有氧环境中收到抑制, 因此在实际应用中有一定的局限性。

刘萍等^[47]从巨大芽胞杆菌中分离纯化得到亚硝酸还原酶, 酶反应的最适温度为 40 °C, 最适 pH 为 6.5, 热稳定性较好, 80 °C 下保温 4 h 后仍有 70%~80% 的酶活力。在肉

的腌制过程中加入该酶和特异性辅酶组成的复合酶制剂,在不改变香肠常规加工工艺条件下,亚硝酸盐的残留量降低70%以上。

4.2.7 姜蒜汁和其他水果蔬菜

研究表明^[48],大葱、洋葱、姜、蒜中等蔬菜中含有的有机硫化物能够有效地阻断亚硝酸盐与胺类化合物形成亚硝胺类化合物,较好的防癌作用。另有研究表明,马齿苋汁、苦瓜和中华猕猴桃汁等也可阻断亚硝胺的合成。刘辉^[49]研究表明,苦瓜浸提液 10 mL, pH4.0, 反应时间 20 min, 亚硝酸盐消除率达到 68.56%。

4.3 其他方面

在蔬菜生长过程中合理使用氮肥,控制矿物氮在土壤中积累使蔬菜不会过度富集硝酸盐,以致在蔬菜的贮藏、加工、食用过程中尽量少的使硝酸盐转化为亚硝酸盐。在食品加工中,严格控制食物的质量,采用合理的加工烹调方法,降低蔬菜中硝酸盐的含量。如食用富氮的蔬菜前尽可能在沸水中烫 3~5 min,能明显降低硝酸盐含量。将马铃薯放在浓度为 1%的食盐水或维生素 C 溶液中浸泡一昼夜,马铃薯中硝酸盐的含量可减少 90%。蔬菜经过烧、炒、煮熟后,硝酸盐的含量下降幅度达到 50%~70%。

蔬菜烹调后在放置过程中,硝酸盐会被还原成亚硝酸盐,且放置时间越长亚硝酸盐的含量就越高,放置于室温下 24 h 后亚硝酸盐的含量是最初的 5~6 倍。所以新鲜蔬菜尽量现炒现吃,或者在低温下存放,但时间也不宜过长(6 h 为宜)^[50]。

5 结论

目前,研究者们还没有找到完全替代腌腊肉制品中亚硝酸盐的物质,在减小亚硝酸盐危害的方法方面也还有很多技术点亟待研究,如对能够降解亚硝酸盐的菌种进行筛选、诱导,添加到腌腊肉制品和腌制蔬菜中,对亚硝基血红蛋白进行糖基化,改善该新型色素的稳定性和发色性等。同时,在腌腊肉制品加工过程中应最大限度地减少杂菌污染,并减少外源性亚硝酸盐的添加。

参考文献

[1] Gilchrist M, Winyard P G, Benjamin N. Dietary nitrate-good or bad [J]. Nitric Oxide, 2010, 22(2): 104-109.

[2] Lundberg J O, Carlström M, Larsen F J, *et al.* Roles of dietary inorganic nitrate in cardiovascular health and disease [J]. Cardiovasc Res, 2011, 89(3): 525-532.

[3] Sobko T, Marcus C, Govoni M, *et al.* Dietary nitrate in Japanese traditional foods lowers diastolic blood pressure in healthy volunteers [J]. Nitric Oxide, 2010, 22(2): 136-140.

[4] Hord N G, Tang Y, Bryan N S. Food sources of nitrates and nitrites: the

physiologic context for potential health benefits [J]. Am J Clin Nutri, 2009, 90(1): 1-10.

[5] Larsen F J, Schiffer T A, Borniquel S, *et al.* Dietary inorganic nitrate improves mitochondrial efficiency in humans [J]. Cell Metab, 2011, 13(2): 149-159.

[6] 王豫. 浅谈食品中硝酸盐和亚硝酸盐对人体危害及预防[J]. 青海农技推广, 2011, (4): 31-32.

Wang Y. Discussion on the harm and prevention of nitrite and nitrate in foods [J]. Qinghai Agri Technol Exten, 2011, (4): 31-32.

[7] 陈长宏, 张科. 食品中硝酸盐和亚硝酸盐的污染及预防[J]. 现代农业科技, 2013, (7): 327-327.

Chen CH, Zhang K. Contamination and prevention of nitrite and nitrate in foods [J]. Mod Agri Sci Technol, 2013, (7): 327-327.

[8] Li ZM, Qing XN, Chang FF. N-nitrosamine compounds and food safety [J]. Prod Proc, 2006, (12): 8-11.

[9] Chow C K, Hong C B. Dietary vitamin E and selenium and toxicity of nitrite and nitrate [J]. Toxicology, 2002, 180(2): 195-207.

[10] Swann P F. The toxicology of nitrate, nitrite and n-nitroso compounds [J]. J Sci Food Agri, 1975, 26(11): 1761-1770.

[11] Lundberg J O, Gladwin M T, Ahluwalia A, *et al.* Nitrate and nitrite in biology, nutrition and therapeutics [J]. Nat Chem Biol, 2009, 5(12): 865-869.

[12] GB/T 5009.33-2008 食品中亚硝酸盐和硝酸盐的测定[S]
GB/T 5009.33-2008 Determination of nitrite and nitrate in foods [S]

[13] SB/T 10278-1997 中式香肠[S]
SB/T 10278-1997 Chinese sausage [S]

[14] GB/T 20712-2006 火腿肠[S]
GB/T 20712-2006 Ham sausage [S]

[15] 沈继斌. 腌制黄瓜硝酸盐与亚硝酸盐的动态变化[D]. 武汉: 华中农业大学, 2007.

Shen JB. Content changes of nitrite and nitrite in pickled cucumber [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2007.

[16] 郭丽娜, 刘秀珍, 赵兴杰. 不同水分条件下不同形态氮素比例对苋菜产量与硝酸盐含量的影响[J]. 中国生态农业学报, 2007, 15(6): 208-209.

Guo LN, Liu XZ, Zhang XJ. Effect of different water NO₃-N/NH₄-N ratios on yield and nitrite content of amaranth [J]. Chin J Eco Agri, 2007, 15(6): 208-209.

[17] Santamaria P. Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation [J]. J Sci Food Agri, 2006, 86(1): 10-17.

[18] Özdestand O, Üren A. Development of a cost-effective method for nitrate and nitrite determination in leafy plants and nitrate and nitrite contents of some green leafy vegetables grown in the Aegean region of Turkey [J]. J Agri Food Chem, 2010, 58(9): 5235-5240.

[19] Prasad S, Chetty A A. Nitrate-N determination in leafy vegetables: Study of the effects of cooking and freezing [J]. Food Chem, 2008, 106(2): 772-780.

[20] 燕平梅, 薛文通, 张慧, 等. 不同贮藏蔬菜中亚硝酸盐变化的研究[J]. 食品科学, 2006, 27(6): 242-246.

Yan PM, Xue WT, Zhang H, *et al.* Study on nitrite formation of vegetables stored in varied storage conditions [J]. Food Chem, 2006, 27(6): 242-246.

[21] 姜薇薇. 控制蔬菜发酵制品中亚硝酸盐含量的研究[D]. 济南: 山东轻工

- 业学院, 2011.
- Jiang WW. The study of control nitrite content in vegetable fermenting food [D]. Jinan: Shandong Institute of Light Industry, 2011.
- [22] 杨丽, 黄雪琳, 王娟. 食品亚硝酸盐来源与检测方法[J]. 粮食与油脂, 2011, (11): 13-15.
- Yang L, Huang XL, Wang J. Origin and determination method of nitrite in food [J]. Cereals Oil, 2011, (11): 13-15.
- [23] 吴祖芳, 赵永威, 翁佩芳. 蔬菜腌制及其乳酸菌技术的研究进展[J]. 食品与生物技术学报, 2012, (7): 678-686.
- Wu ZF, Zhao YW, Weng PF. Pickling process of vegetables and its *lactic acid bacteria* technology [J]. J Food Sci Biotechnol, 2012, (7): 678-686.
- [24] 周蓓莉, 肖进文, 刘生峰, 等. 传统腌腊制品中亚硝酸盐的危害及其替代物的研究进展[J]. 中国食品添加剂, 2012, (2): 166-171.
- Zhou BL, Xiao JW, Liu SF, et al. Research on nitrite harmful analysis and its substitute in curing meat products [J]. China Food Addit, 2012, (2): 166-171.
- [25] Sebranek J G, Bacus J N. Cured meat products without direct addition of nitrate or nitrite: what are the issues [J]. Meat Sci, 2007, 77(1): 136-147.
- [26] Honikel K O. The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products [J]. Meat Sci, 2008, 78(1): 68-76.
- [27] Pegg R B, Shahidi F. Nitrite curing of meat: the N-nitrosamine problem and nitrite alternatives [M]. Oxford: Wiley-Blackwell, 2008.
- [28] 樊娟, 张丽萌, 王玉娇, 等. 发酵香肠中亚硝酸盐替代物研究综述[J]. 安徽农学通报, 2010, 16(3): 177-179.
- Fan J, Zhang LM, Wang YJ, et al. Review on alternatives of nitrite in fermented sausage [J]. Anhui Agri Sci, 2010, 16(3): 177-179.
- [29] 刘方菁, 刘辉, 宁娜. 红曲色素替代亚硝酸盐对肉类护色的研究进展[J]. 肉类研究, 2011, (1): 33-36.
- Liu FJ, Liu H, Ning N. Research progress of manascus pigment substitute for nitrite in meat color protection [J]. Meat Res, 2011, (1): 33-36.
- [30] Fox J B, Nicholas R A. Effect of various compounds on loss of nitrite in meat [J]. J Agri Food Chem, 1974, 22(2): 302-306.
- [31] Blanc P J, Laussac J P, Le Bars J, et al. Characterization of monascidin A from *Monascus* as citrinin [J]. Int J Food Microbiol, 1995, 27(2): 201-213.
- [32] 应碧, 昌晓宇, 刘志文, 等. 亚硝酸盐胁迫下植物乳杆菌 WU14 亚硝酸盐还原酶的食品级高效诱导表达及其酶学性质研究[J]. 中国农业科学, 2015, 48(7): 1415-1427.
- Ying B, Chang XY, Liu ZW, et al. Food-grade induced expression and enzymatic properties of nitrite reductase from *Lactobacillus plantarum* WU14 under nitrite stress [J]. Sci Agri Sinica, 2015, 48(7): 1415-1427.
- [33] Zou L, Wu Y, Zhao Y. Study on change of nitrite content during vegetable fermentation by lactic acid bacteria [J]. Food Sci Technol, 2006, 31(10): 86-88.
- [34] Yan P M, Xue W T, Tan S S, et al. Effect of inoculating lactic acid bacteria starter cultures on the nitrite concentration of fermenting Chinese paocai [J]. Food Control, 2008, 19(1): 50-55.
- [35] 朱英莲, 李沛瑶. 戊糖乳杆菌替代亚硝酸盐发色效果的研究[J]. 食品科技, 2014, 39(5): 120-124.
- Zhu YL, Li PY. The effect of curing agent of *Lactobacillus pentoseus* [J]. Food Sci Technol, 2014, 39(5): 120-124.
- [36] 游刚, 吴燕燕, 李来好, 等. 添加复合乳酸菌再发酵对腌干鱼肉微生物、亚硝酸盐和亚硝胺的影响[J]. 南方水产科学, 2015, 11(4): 109-115.
- You G, Wu YY, Li LH, et al. Effect of inoculating compound *lactic acid bacteria* on microbial, nitrite and nitrosamines of salted fish [J]. South China Fisheries Sci, 2015, 11(4): 109-115.
- [37] 李春, 王宝才, 刘丽波. 亚硝酸盐降解影响因素的研究[J]. 食品工业, 2010, 4: 7-9.
- Li C, Wang BC, Liu LB. Study on influencing factors of nitrite degradation [J]. Food Ind, 2010, 4: 7-9.
- [38] 杜晓华, 刘书亮, 蒲彪, 等. 四川泡菜中降解亚硝酸盐乳酸菌的筛选鉴定及其应用[J]. 食品与发酵工业, 2013, 39(4): 48-52.
- Du XH, Liu SL, Pu B, et al. Screening, identification and application of nitrite-degenerating lactic acid bacteria from Sichuan pickles [J]. Food Ferm Ind, 2013, 39(4): 48-52.
- [39] 顾诗雯, 何婷婷, 丁少南, 等. 乳酸菌降解亚硝酸盐的发酵条件研究[J]. 食品研究与开发, 2013, 34(12): 97-99.
- Gu SW, He TT, Ding SN, et al. Study on the optimization of fermentation condition for nitrite degradation by *Lactobacillus bacteria* [J]. Food Res Dev, 2013, 34(12): 97-99.
- [40] 徐海祥, 谢淑娟, 施帅, 等. 异 Vc 钠、红曲色素及 *NiSin* 替代部分亚硝酸钠对腊肠品质的影响[J]. 现代食品科技, 2012, 28(12): 1677-1681.
- Xu HY, Xie SJ, Shi S, et al. Effect of sodium isoascorbic acid, *Monascus* colour and *Nisin* instead of sodium nitrite on sausage quality [J]. Mod Food Sci Technol, 2012, 28(12): 1677-1681.
- [41] 李飞, 隋新, 刘红娟, 等. 糖基化亚硝基血红蛋白的稳定性及其在猪肉脯中的应用研究[J]. 农产品加工, 2015, (2): 9-14.
- Li F, Sui X, Liu HJ, et al. Application and stability of glycosylated nitroso-hemoglobin in the preserved pork [J]. Farm Prod Proc, 2015, (2): 9-14.
- [42] 王炎炎. 糖基化亚硝基血红蛋白的合成、性质及应用研究[D]. 南昌: 南昌大学, 2014.
- Wang YY. Study the synthesis, properties and application of glycosylated nitrosohemoglobin [D]. Nanchang: Nanchang University, 2014
- [43] 杨锡洪, 夏文水. 亚硝酸盐替代物-组氨酸发色作用的研究[J]. 食品与生物技术学报, 2005, 24(5): 102-106.
- Yang XH, Xia WS. Research on color fixation of histidine as a substitute for nitrite [J]. J Food Sci Biotechnol, 2005, 24(5): 102-106.
- [44] 王文艳, 贾彦杰, 彭增起. 天然抗氧化物在中式香肠中的应用研究进展[J]. 食品工业, 2014, 1: 231-234.
- Wang WY, Jia YJ, Peng ZQ. Research progress in application of natural antioxidant in Chinese-style sausage [J]. Food Ind, 2014, 1: 231-234.
- [45] 钟希琼, 梁少珊, 蔡绮纯, 等. 几种茶叶冲泡液对亚硝化反应抑制作用比较[J]. 食品科技, 2014, 39(3): 45-48.
- Zhong XQ, Liang SS, Cai QC, et al. Effect of tea infusions on inhibition of nitrosification [J]. Food Sci Technol, 2014, 39(3): 45-48.
- [46] 邹辉. 烯二醇类抗氧化剂降解亚硝酸盐动力学研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2014.
- Zou H. The kinetic of nitrite degradation reacted with enediol food antioxidants [D]. Taian: Shandong Agricultural University, 2014.
- [47] 刘萍, 孙君社, 郑怀忠, 等. 亚硝酸盐还原酶的制备及亚硝酸盐还原酶制剂的制备方法[P]. CN, 200810101083, 2008-07-30.
- Liu P, Sun JS, Zheng HZ, et al. Preparation of nitrite reductase and the preparation method of nitrite reductase preparation [P]. CN,

200810101083, 2008-07-30.

[48] 邓红, 贾洪峰, 周世忠, 等. 果蔬对亚硝酸盐清除作用的研究进展[J]. 中国调味品, 2015, 40(1): 110-114.
Deng H, Jia HF, Zhou SZ, *et al.* Review on nitrite scavenging ability of fruits and vegetables [J]. China Cond, 2015, 40(1): 110-114.

[49] 刘辉. 苦瓜对腌制食品中亚硝酸盐清除作用的研究[J]. 中国调味品, 2012, 37(10): 34-37.
Liu H. Study on removal of nitrite by balsam pear in pickled foods [J]. China Cond, 2012, 37(10): 34-37.

[50] Meah M N, Harrison N, Davies A. Nitrate and nitrite in foods and the diet [J]. Food Addit Contam, 1994, 11(4): 519-532.

(责任编辑: 姚菲)

作者简介



王流国, 助理工程师, 主要研究方向为肉类产品检验。
E-mail: 472656970@qq.com。



王雪蒙, 硕士, 主要研究方向为动物胶原蛋白的研究。
E-mail: 690236403@qq.com。



“功能性食品研究”专题征稿函

功能性食品是指具有功能性成分、可调节人体生理活动功能的食品。目前已研发的功能性食品主要包括: 增强人体体质(增强免疫能力, 激活淋巴系统等)的食品; 防止疾病(高血压、糖尿病、冠心病、便秘和肿瘤等)的食品; 恢复健康(控制胆固醇、防止血小板凝集、调节造血功能等)的食品; 调节身体节律(神经中枢、神经末梢、摄取与吸收功能等)的食品和延缓衰老的食品等。由于其特殊的营养和保健功能, 越来越得到人们的关注。

鉴于此, 本刊特别策划了“功能性食品研究”专题, 由南昌大学食品科学与技术国家重点实验室副主任邓泽元教授担任专题主编, 围绕功能性食品的营养研究、开发应用、安全质量控制等问题展开讨论, 计划在 2016 年 7 月出版。

鉴于您在该领域的成就, 本刊编辑部及邓教授特邀请您为本专题撰写稿件, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。综述、实验报告、研究论文均可, 请在 2016 年 5 月 31 日前通过网站或 Email 投稿。我们将快速处理并优先发表。

投稿方式:

网站: www.chinafoodj.com

Email: jfoodsq@126.com

《食品安全质量检测学报》编辑部