传统发酵食品营养保健功能与质量安全评价

成 黎
(北京农学院国际学院，北京 102206)

摘 要：传统发酵食品对人体有抗氧化、降血脂、提高免疫力、抑制肿瘤、延缓衰老、防止肠胃疾病等保健作用。由于世界传统发酵食品总体工业化水平不高，在产品的生产过程中，较多依赖人的经验与知识，产品质量不稳定，安全隐患较多。因此，传统发酵食品的安全控制十分重要。通过对传统发酵食品的分类、保健功能、安全风险及评价的文献回顾，提出了传统发酵食品质量安全性的评价与风险识别是控制食品质量安全的前提。现代微生物风险评估技术(microbiological risk assessment)是目前应用最广泛的评价手段之一。它通过目标陈述、危害识别、暴露评估、危害特征描述、风险特征描述5个阶段对微生物的安全性进行评价，为避免食品安全隐患，控制食品质量安全提供了有效且科学的方法。

关键词：发酵食品；分类；保健功能；安全风险；质量安全评价；微生物风险评估

Assessment of Health Benefits, Quality and Safety of Traditional Fermented Foods: A Review

CHENG Li
(International College, Beijing University of Agriculture, Beijing 102206, China)

Abstract: Fermentation, an old and economical method to produce and preserve foods, is widely used all over the world. Fermented foods make an important contribution to human health. With the development of fermentation technology, the safety of fermented foods has gain extensive attention. This article provides a review of the classification of fermented foods and the assessment of their health benefits, quality and safety. Modern microbiological risk assessment (MRA) is one of the extensively used techniques for target statement, hazard identification, exposure assessment, hazard characterization and risk characterization and allows to evaluate the food safety of fermented foods in a more reliable and consistent way.

Key words: fermented foods; classification; health benefit; safety risk; quality and safety assessment; microbiological risk assessment

中图分类号：TS201.6 文献标识码：A 文章编号：1002-6630(2012)01-0280-05

发酵是一种古老、传统的食品储存与加工的方法。利用微生物的作用而制得的食品都可以称为发酵食品。传统发酵食品以其制作成本低，改善食品的风味营养及有较强的稳定性等优点在世界广泛分布。许多国家和地区都有着具有当地特色的传统发酵食品，例如中国的酱油和腐乳；日本的纳豆、清酒；韩国的泡菜以及欧美国家的香肠、酸奶和干酪等[1]。尤其是在非洲的不发达国家，发酵技术以其低廉的成本被广泛应用，多种类的发酵食品相继产生，从谷物、豆类、蔬菜、水果到酸乳、鱼、肉等[2-6]。发酵工艺在中国也有着上千年的历史，与中国的传统、文化紧密相连，对保持食品质量有着重要的作用。在中国，发酵食品工艺世代传承，不断发展，成为增加食品安全性、营养价值、改善风味的传统技术手段[7]。在食品加工的过程中， 传统发酵技术承担着5个重要的角色：1) 增加和改善食品的不同风味、香气和组织结构；2)通过高盐、乳酸菌、酒精发酵等保存食物；3)增加食品生物元素，例如维生素、基础氨基酸和基础脂肪酸等；4)在发酵中的解毒作用，例如分解和去除食品原料中的有害物质；5)节约烹饪时间及减少燃料要求[7-11]。尽管新的食品加工与保鲜技术在不断发展，发酵技术作为经济而又多功能的技术也在不断发展，尤其是在传统应用方面，食品研究人员和生产商在不断地实验与创新。由于发酵技术可以通过控制致病菌的生长与复制来增加食品的安全性，因此，它在

收稿日期：2011-08-18
基金项目：北京市属高等学校人才强教计划资助项目(PXM2010 014207 096794)
作者简介：成黎(1972—)，女，副教授，博士，研究方向为食品安全与食品管理。E-mail：chenglee1@yahoo.com

食品加工与贮存中非常重要。尽管近些年来，发酵技术在工艺上取得了很大的进步，但是高品质、严格的发酵过程对确保质量和安全的要求很高。这需要控制发酵中的环境条件及原材料条件等因素，对安全风险进行评估、控制，从而达到减少安全风险[12]。本文论述传统发酵食品的分类、营养保健功能、质量安全风险及其评价。

1 传统发酵食品的分类

传统发酵食品的分类方法很多，依照传统发酵食品的发酵形式主要分为液态、固态发酵和自然发酵[13]。传统酿造一般采用固态发酵料，利用添加谷物或者稻壳等辅料，进行糖化和发酵的“双边发酵”工艺。这一工艺的特点是发酵时间较长，但产品风味浓厚[14]。纯种发酵，周期短，生产易于机械化，干扰因素少，如纯种制曲技术[1]。此外，很多分类是依据生产中所用的不同原料和微生物来分的。依据微生物不同，主要分为酵母、霉菌、乳酸菌发酵等[1]。依据原料不同分为：发酵谷类食品(馒头、酒、发酵米粉、醋、面酱等)；发酵豆类食品(豆豉、豆酱、酱油、腐乳等)；发酵蔬菜(酸菜、泡菜等)[15]；发酵乳制品(酸奶、干酪等)；发酵肉制品(腌鱼、香肠等)以及其他发酵制品(葡萄酒等)[1,15]。表1是国外一些研究者对传统发酵食品的分类。Steinkraus[16]在1996年总结了发酵食品类型主要有8类：1)从豆类和谷类中发酵产生结构性植物蛋白的肉类代替品；2)高盐、咸肉风味的、氨基酸、多肽酱膏发酵；3)乳酸发酵；4) 酒精发酵；5)醋酸发酵；6)碱性发酵；7)膨松面包；8)扁平无酵饼。

表1 不同学者归纳的传统发酵食品类型[10]

Table 1 Classification of fermented foods[10]

分类	研究学者	提出时间
1)通过酵母发酵的酒精饮料；2)醋酸发酵；3)通过乳酸菌的乳发酵；4)通过乳酸菌的腌渍发酵；5)通过乳酸菌的鱼肉发酵；6)通过乳酸菌、霉菌和酵母的植物蛋白发酵	Yokotsuka[17]	1982年
1)饮料；2)谷物；3)乳制品 4)鱼制品；5)果蔬；6)豆类；7)肉类	Campell-Platt[4]	1987年
1)发酵淀粉根；2)发酵谷物；3)酒精饮料；4)发酵植物蛋白；5)发酵动物蛋白	Odunfa[18]	1988年
1)薯类；2)谷类；3)豆类；4)饮料	Kuboye[19]	1985年

2 传统发酵食品的营养保健功能

传统发酵食品在发酵过程中可以降解食物原料中的有害物质，控制致病菌的生长，产生活性酶和多种营养物质，如维生素、基础氨基酸、基础脂肪酸等。因此，传统发酵食品具有很强的营养保健功能[1]。尽管不同的传统发酵过程影响着食物的营养质量、营养素密度和增量， 但总的来说，传统发酵食品可以帮助人体降解抗营养因素，促进人体对食物营养的吸收与消化，增加人体需要的营养素[20]。

2.1 降解食物中的有害物质、杀菌及促进消化作用

传统发酵可以降解食物原料中的有害物质和不易吸收的物质，例如传统发酵豆制品通过微生物发酵可以把不溶性高分子物质分解成可溶性低分子物质，保留了大豆异黄酮和低聚糖等原有功能性物质，并且产生了VB_{12}、蛋白黑素和芳香族化合物等新的营养成分和生物活性物质，使这类产品具有较高的营养价值和功能特性[13, 21]。例如纳豆中含有纳豆激酶可以促进血栓溶解，而且纳豆还有抗氧化、抗肿瘤、防止骨质疏松等功能；豆豉具有助消化、健脑、预防高血压的作用；酱汁和丹贝具有抗氧化作用[14-15, 22-23]。乳的发酵可以使部分成分降解，增加了可溶性的磷和钙及维生素[24-25]。另外，传统发酵过程中产生的酒精和pH值低的酸性环境可以有效地抑制微生物的生长， 起到抑菌、灭菌的作用[1]。 例如在乳酸的发酵过程中，一些乳酸菌如乳链球菌可以产生某些抗菌素，在一定程度上可以抑制某些病原菌的生长，从而防止传染病的发生，乳酸菌还可以对有害菌产生拮抗作用[26]。

2.2 产生对人体有益的微生物和酶

由于传统发酵过程中有微生物的参与，这些微生物中含有乳酸菌、红曲、霉菌、酵母菌等对人体有一定的保健功能[27]。乳酸菌具有调节血脂、提高免疫力、缓解乳糖不耐症、抑制肿瘤、延缓衰老、防止肠胃疾病等作用[1, 27-28]。酵母菌本身具有蛋白质、核糖核酸、B族维生素、谷胱甘肽等生理活性物质，营养丰富。传统发酵食品中含有微生物产生的多种酶，这些酶具有抗氧化、溶解血栓、抗衰老等作用[27]。

2.3 产生多肽和氨基酸

在传统发酵过程中蛋白质的降解产生大量的多肽和基础氨基酸[27,29]，它们具有蛋白质没有的生理功能，比蛋白质更易吸收。例如大豆多肽具有降脂、减肥、提高运动能力促进消化的功能。另外，多肽的抗原性非常小，一般不会产生过敏反应。

2.4 产生多糖与低聚糖

在传统发酵过程中，微生物产生的糖基转移酶和糖苷水解酶可以生成低聚糖，这些低聚糖不被人体肠胃淀粉酶分解，可直达大肠，具有促进双歧杆菌生长，改善人体微生态环境的重要功能[27]。

2.5 产生降低胆固醇及降血压的物质

红曲霉发酵产生的降胆固醇主要成分为莫纳可林类物质，在化学结构上与他汀类药物是相似的，它们降低胆固醇的机理也是相同的：抑制胆固醇合成途径上的关键酶，从而减少胆固醇合成[27]；血管紧张素转换酶(ACE)是参与人体血压调节有关的酶， 抑制ACE的活性，可以降血压。酱油和豆酱中的蛋白黑素或类黑精对ACE具有一定的抑制作用[30]。

2.6 其他对人体有益的物质

前文已经提到传统发酵可以提高产物中的某些维生素和基础氨基酸。另外，有些真菌酵母、曲霉、毛霉等能产生多不饱和脂肪酸，降低人体的胆固醇从而起到帮助人体预防心脏病的作用。豆类发酵制品中含有的乙酰胆碱和卵磷脂可以预防老年痴呆症[27]。泡菜中的微量元素和纤维素对心脏病、缺铁性贫血、免疫力低下和肠道疾病都有一定的预防效果，并且泡菜还可以开胃理气。葡萄酒中的多酚类物质具有抗氧化、阻碍血小板凝集、防止低密度脂蛋白氧化和抗癌等作用。食醋中的醋酸和多种氨基酸有散瘀止血、理气止痛、解毒、矫味、安神、抗癌、杀菌、预防感冒、防止痛风等功效[1, 31-32]。

3 传统发酵食品的安全风险

传统发酵工艺有很长的历史，但是传统发酵总体上工业化程度不高，尤其在不发达国家，只有少数产品实现了高度工业化，大多数企业生产以传统的天然发酵工艺为主，生产过程和工艺控制主要依靠技术人员的经验加以判断，产品受外界因素影响大，质量不稳定。在多数天然发酵工艺中，微生物菌群复杂且发酵过程难以控制，导致发酵食品存在很多安全风险[33]。图1显示了在传统发酵食品制作链中的主要污染源。传统发酵食品的安全风险主要有：生物性污染、化学风险及工艺控制因素、物理风险、转基因的安全性问题[14,34]。

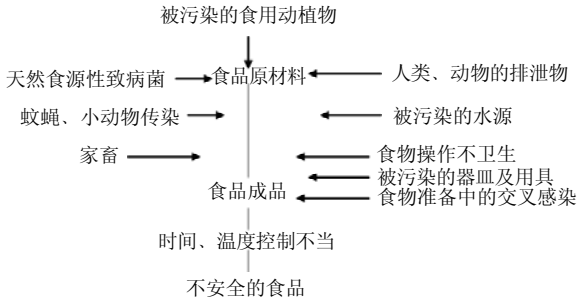

图1 传统发酵食品主要污染源[35]

Fig.1 Main sources of food contamination[35]

3.1 生物性污染

传统发酵食品的生物性污染主要包含细菌性污染、霉菌性污染以及寄生虫性污染，其中主要以微生物风险隐患最多[14]。例如，传统发酵豆制品的主要安全隐患在于真菌污染，主要检出的真菌有毛霉和青霉，它们可以产生部分有毒代谢物，长期食用，对人体有一定的致癌风险[36-37]；此外，发酵中产生的黄曲霉素是黄曲霉在生长繁殖中产生的可致癌、有毒代谢物，是农产品中最强的一类生物毒素；另外，传统发酵终产品的微生物杂菌的数量较多，也是很大的安全隐患[38]。

3.2 化学风险及工艺控制因素

传统发酵食品的化学污染主要是农药、重金属和其他的有机污染物，这些污染物有的附着在发酵食品的原材料中，如谷物、豆类上。这些化学污染物对人体十分有害，例如，金属砷和铅广泛存在于被污染的土壤中，被植物在成长中吸收，再进入人体，长期积累，可以损害人体的脏器及神经系统[14,34]。另外，生产过程中工艺控制不当也会产生传统发酵食品安全的化学隐患。例如，蔬菜在发酵过程中，由于蔬菜自身的原因，如温度、湿度、发酵时间控制不当，在加工的过程中极易积累亚硝酸盐及有害微生物，给产品带来潜在的安全性问题；发酵肉中生物胺的累积可以导致人体直接中毒。肉制品生产工艺及储藏条件、原料肉的特性等都影响发酵肉中生物胺的形成[39]。

3.3 物理风险

物理污染主要指放射性污染和异物污染，前者来源于不同的质地土壤，后者来源于原辅料[14]。目前很多传统发酵食品的生产基本还是作坊式，工业化程度低，生产条件差，生产过程中卫生控制不严，也会成为物理性危害隐患的来源[34]。

3.4 转基因的安全性问题

转基因食品的安全性是国际上存在一个比较有争议的问题，尽管它为解决粮食匮乏和人口增长的危机做出了贡献。由于转基因技术可以迅速提高作物产量，部分发酵食品的原材料为转基因物质。因此对传统发酵食品中转基因物质的安全性还需要作进一步的研究[34]。

4 传统发酵食品的安全性评价

食品工业用菌种(主要有细菌、酵母、真菌和放线菌)的安全性是评价传统发酵食品安全性的主要方面。因此，评价微生物发酵食品的安全性首先要考虑菌种的安全性。这些安全性问题包括：生产菌种对人体的致病能力(微生物对人体的感染)；其所产生的有毒代谢物、抗生素、激素等活性物质对人体的潜在危害；利用基因重组技术所引发的生物安全性问题；以及相关过程中的微生物污染问题。评估菌种安全性的方法有很多，在我国常用的3种方法是：1)菌的内在性质研究；2)菌的药物动力学研究；3)菌和寄主间的相互作用[36]。目前国际惯用的现代微生物风险评估技术(microbiological risk

assessment)是发酵食品质量安全评价的主要评价手段(图 2)。它通过目标陈述、危害识别、暴露评估、危害特征描述、风险特征描述 5 个阶段对微生物的安全性进行评价[40-41]。

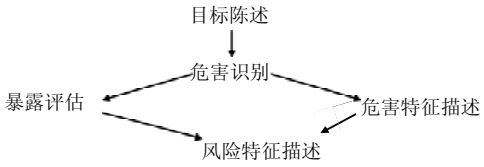

图 2 微生物风险评估[40]

Fig.2 Microbiological risk assessment[40]

4.1 目标陈述

微生物活动对发酵食品的色、香、味及安全稳定性起重要作用。因此，评价发酵食品的安全性主要是评价微生物活动的安全性。

4.2 危害识别

识别通过发酵食品传导的病原体是整个风险评估中的重要步骤。这需要专业的知识与各种来源的评估数据，例如对从食物或其他来源所能摄入的生物、化学和物理因素等进行定性和定量的评估。由于有的致病菌不易被识别，因此科学系统的方法是识别危害的关键[42-43]。

4.3 暴露评估

这一阶段的风险评估重点在于食物载体和评估在食物消费中某一种特殊的致病菌的可能摄入上升量。做这一评估需要评估在某一时间，消费食物的内容和方式所带来的食物中的致病菌或者毒素的水平。

4.4 危害特征描述

与暴露评估偏向于分析食物相比，危害特征描述更加着重于分析一个危害对人体有什么影响。它提供了关于食物中危害所产生的致病频次、属性、严重程度及期限等定性、定量的信息。危害特征描述更加侧重于建立导致危害的量效关系。

4.5 风险特征描述

这是风险评价的最后一个阶段。这个步骤是对前面所有的步骤进行合成。它对致病可能性、严重程度及可能感染人群进行估算，同时进行定性、定量的风险明确与评估[38]。

5 结 语

传统发酵食品作为有着悠久历史的传统食品，分布广泛、种类多样、对人体有着多种保健作用。由于世界传统发酵食品总体工业化水平不高，在制作产品的过程中，较多依赖人的经验与知识，产品质量不稳定，安全隐患较多，因此，传统发酵食品的安全控制十分重要。发酵食品质量安全性的评价与风险识别是控制食品安全质量的前提。现代微生物风险评估技术是目前应用最广泛的评价手段。它通过目标陈述、危害识别、暴露评估、危害特征描述、风险特征描述 5 个阶段对微生物的安全性进行评价，为避免食品安全隐患，从而控制食品质量安全提供了有效且科学的方法。因此，广泛合理地应用现代微生物风险评估技术评价手段，进行准确的风险识别，可以有效地控制发酵食品的质量安全。

参考文献：

[1] 杜鹏, 霍贵成. 传统发酵食品及其营养保健功能[J]. 中国酿造, 2004 (3): 6-8.

[2] STEINKRAUS K H. Handbook of indigenous fermented foods[M]. New York: Marcel Dekker, 1983: 671.

[3] STEINKRAUS K H. Industrialization of indigenous fermented foods [M]. New York: Marcel Dekker, 1989: 439.

[4] CAMPELL-PLATT G. Fermented foods of the world: a dictionary and guide[M]. London, UK: Butterworths, 1987: 290.

[5] CAMPELL-PLATT G. Fermented foods: a world perspective[J]. Food Research International, 1994, 77: 253-257.

[6] WESTLY A, REILLY A, BAINBRIADGE Z. Review of the effect of fermentation on naturally occurring toxins[J]. Food Control, 1997, 8(5/6): 329-339.

[7] LIU Shanna, HAN Ye, ZHOU Zhijiang. Lactic acid bacteria in traditional fermented Chinese foods[J]. Food Research International, 2011, 44(3): 643-651.

[8] BLANDINO A, AL-ASSEERI M E, PANDIELLA S S, et al. Cereal-based fermented foods and beverages[J]. Food Research International, 2003, 36(6): 527-543.

[9] FOX A T, THOMSON M. Adverse reactions to cow's milk[J]. Pediatrics & Child Health, 2007, 17(7): 288-294.

[10] STEINKRAUS K H. Fermentations in world food processing[J]. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2002, 1(1): 23-32.

[11] ALOYS N, ANGELINE N. Traditional fermented foods and beverages in Burundi[J]. Food Research International, 2009, 42: 588-594.

[12] MOTARJEMI Y. Impact of small scale fermentation technology on food safety in developing countries[J]. International Journal of Food Microbiology, 2002, 75: 213-229.

[13] 王文芹, 孔玉涵. 国内外发酵食品的发展现状[J]. 发酵科技通讯, 2007 (4): 5 5-57.

[14] 白凤翔. 微生物的发酵作用对传统酿造食品安全性的影响[J]. 中国酿造, 2009(2): 5-7.

[15] 李里特, 李凤娟, 王卉, 等. 传统发酵食品的机遇和创新[J]. 农产品加工, 2009(8): 61-64.

[16] STEINKRAUS K H. Handbook of indigenous fermented foods[M]. 2nd ed. New York: Marcel Dekker, 1996: 776.

[17] YOKOTSUKA T. Traditional fermented soybean foods[M]//ROSE A H. Fermented foods. London, UK: Academic Press, 1982.

[18] ODUNFA S A. Review: African fermented foods: from art to science[J]. Mircer Journal, 1988 (4): 255-273.

[19] KUBOYE A O. Traditional fermented foods & beverages of Nigeria[C]// Development of Indigenous Fermented Food & Food Technology in Africa. Proc, IFS/UNU Workshop. Douala, Cameron. Octorber 1985, Stockholm, Sweden: International Foundation for Science (IFS): 224-237.

[20] SVANBERG U, LORRI W. Fermentation and nutrients availability[J]. Food Control, 1997, 8(5/6): 319-327.

[21] 唐传核, 彭志英. 浅析大豆发酵食品的功能性成分[J]. 中国酿造, 2000(5): 8-10.
[22] 赵德安. 大豆及发酵食品的营养保健功能[J]. 中国酿造, 2001(4): 9-13.
[23] 谢秋玲, 郭勇. 纳豆: 一种多功能食品[J]. 食品工业科技, 1999, 20(1): 71-72.
[24] RIAL D R. The role of probiotic cultures in the control of gastrointestinal health[J]. Journal of Nutrition, 2000, 130: 396-402.
[25] VINDEROLA C G, MOCCHIUTTI P, REINHEIMER J A. Interactions among lactic acid starter and probiotic bacteria used for fermented dairy products[J]. Dairy Science, 2002, 85: 721-729.
[26] 郭瑞, 付华. 发酵食品的营养保健功能[J]. 河套大学学报, 2008(12): 83-87.
[27] 赵树欣. 应重视对我国传统发酵食品的研究: 兼论发酵食品中的功能成分[J]. 中国食物与营养, 2004(1): 27-29.
[28] 李银花, 刘德玲. 发酵乳的营养与保健作用[J]. 现代食品科技, 2006, 89: 299-300.
[29] STEINKRAUS K H. Bio-enrichment: production of vitamins in fermented foods[M]. WOOD B J B. Microbiology of fermented foods: Vol. 2, 2nd ed. London: Blackie Academic, 1998: 603-621.
[30] 吕东津, 宋小焱, 梁姚顺. 酱油中的生理活性物质及其营养保健作[J]. 中国酿造, 2004(11): 31-33.
[31] 宋焕禄. 葡萄酒与健康[J]. 食品与发酵工业, 1997, 23(4): 67-71.
[32] 胡学智. 食醋和柠檬酸的保健功能(2)[J]. 江苏调味副食品, 2000(1): 6-8.
[33] 侯传伟. 我国传统发酵食品与高新技术改造[J]. 农产品加工, 2008(7): 248-250.
[34] 蒋立伟, 周传云, 李宗军. 传统发酵大豆制品的质量与安全控制探讨[J]. 中国酿造, 2006(3): 1-3.
[35] NOUT M J R. MOTARJEMI Y. Assessment of fermentation as a household technology for improving food safety: a joint FAO/WHO workshop [J]. Food Control, 1997, 8(5/6): 221-226.
[36] 鲁战会, 彭荷花, 李里特. 传统发酵食品的安全性研究发展[J]. 食品科技, 2006(6): 1-6.
[37] 斯国静, 王志刚, 袁振华, 等. 浙江传统发酵食品中真菌污染及菌相分析[J]. 中国卫生检验杂志, 2003, 13(3): 326.
[38] 湖北省食品发酵工程技术研究中心. 传统发酵食品的安全性(一)[EB/OL](2010-02-05)[2011-07-15]http://www.sci-food.com/show.asp?id=928.
[39] 湖北省食品发酵工程技术研究中心, 传统发酵食品的安全性(二)[EB/OL](2010-04-26)[2011-07-15]http://www.sci-food.com/show.asp?id=953.
[40] ADAMS M, MITCHELL R. Fermentation and pathogen control: a risk assessment approach[J]. International Journal of Food Microbiology, 2002, 79: 75-83.
[41] LARSEN J C. Risk assessment of chemicals in European traditional foods[J]. Trends in Food Science & Technology, 2006, 17: 471-481.
[42] NOTERMANS S, ZWIETERING M H, MEAD C. The HACCP concept identification of potentially hazardous microorganisms[J]. Food Microbiology, 1994, 11: 203-214.
[43] van GERWEN S J C, ZWIETERING M H. Growth and inactivation models to be used in quantitative risk assessments[J]. Journal of Food Protection, 1998, 61: 1541-1549.