

发酵型核桃乳生产专用链球菌的选育

Screening of streptococcus used for the fermented walnut milk drink

赵娟娟 吴荣荣

ZHAO Juan-juan WU Rong-rong

(衡水学院生命科学系, 河北 衡水 053000)

(Department of Life Science, Hengshui University, Hengshui, Hebei 053000, China)

摘要:从发酵面包、白芥丝、泡菜、酱黄瓜中,分离到 14 株链球菌,经过产酸特性测试,菌株 HsS5、HsS6、HsS8、HsS9 适合核桃乳发酵。通过菌落形态、菌体形态、生化特性和 16S rRNA 基因序列分析,确定 4 株链球菌均为嗜热链球菌。采用菌株 HsS5、HsS6、HsS8、HsS9 分别与实验室保存的嗜酸乳杆菌 LA 共同发酵,发酵型核桃乳感官评价分别为 96, 91, 93, 86 分;且 4 个发酵核桃乳中 9 种氨基酸都有不同程度的提高,其中 HsS5 氨基酸含量增幅最大,由 0.67% 增加到 1.75%。综上所述,菌株 HsS5 适宜核桃乳的发酵生产。

关键词:发酵核桃乳;链球菌;分离;鉴定

Abstract: In this study, 14 *Streptococcus* strains were isolated from sourdough bread, white silk mustard, pickles and cucumber sauce. Among those strains, four strains marked as HsS5, HsS6, HsS8, HsS9 could be used for the fermentation of the walnut milk after acid feature test, and they were identified as *Streptococcus thermophilus* through their morphologic, physiological biochemical characteristics and 16S rRNA gene sequence. The scores of sensory evaluation of these fermented walnut milks produced by HsS5, HsS6, HsS8, HsS9 with *Lactobacillus acidophilus* LA were 96, 91, 93, 86, respectively. Moreover, the contents of nine kinds of amino acid were found increased at different degrees in these four kinds fermented walnut milk, especially in HsS5, increased most significantly from 0.67% to 1.75%. According to the above results, strain HsS5 was more valuable for fermented walnut milk production than other strains.

Keywords: fermented walnut milk; streptococcus; separation; identification

核桃营养价值丰富,其中含有大量蛋白质,较高的不饱和脂肪酸,丰富的维生素 B 和 E 及钙、磷、铁等多种人体需要的微量元素,常食用对动脉硬化、高血压、抗衰老有良好的保健作用^[1-2]。发酵型核桃乳是以核桃乳为原料,经保加利

亚乳杆菌和嗜热链球菌发酵来提高食品的营养价值,改善风味,提高食品的保藏性和适口性。发酵过程中,核桃乳中的蛋白质被分解成肽、氨基酸,矿物质、B 族维生素等物质,赋予食品特殊的香气和风味,并增加了产品的肠道保健功能^[3-5]。

目前关于发酵的核桃乳产品,主要是以牛乳或其他为主要原料,添加一定比例的核桃乳发酵制成发酵核桃酸奶。真正用纯核桃乳发酵的很少,仅局限在配方上,且没有研究纯核桃乳的发酵生产工艺,主要是由于缺少专门发酵纯核桃乳的商品发酵剂。

本研究拟从不同来源的材料中分离链球菌,并通过形态特征、生理生化 and 16S rDNA 序列分析,确定其分类地位,将鉴定后的菌株进行产酸特性和核桃乳发酵试验,从而确定适合核桃乳发酵的链球菌菌株^[6],旨在为发酵核桃乳产品开发提供理论依据和技术支持。

1 材料与方法

1.1 样品采集

发酵面包、白芥丝、泡菜、酱黄瓜:市售。

1.2 培养基

MC 培养基:酵母粉 3.0 g/L,牛肉粉 3.0 g/L,葡萄糖 20.0 g/L,大豆蛋白胨 5.0 g/L,乳糖 20.0 g/L,碳酸钙 10.0 g/L,1% 中性红溶液 5.0 g/L,加入 1 000 mL 蒸馏水中,加热溶解,调节 pH 至 6.0,加入中性红溶液。分装后 121 ℃ 高压灭菌 15~20 min。固体培养基需加入琼脂 1.3%~1.5%;

PY 培养基:蛋白胨 5.0 g/L,胰酶水解酪蛋白 5.0 g/L,酵母膏 10.0 g/L,盐溶液 40.0 g/L,无水 CaCl₂ 0.2 g/L, MgSO₄ · 7H₂O 0.48 g/L, K₂ HPO₄ 1.0 g/L NaHCO₃ 10.0 g/L, NaCl 2.0 g/L。分装后 121 ℃ 高压灭菌 20 min;

碳水化合物发酵培养基:蛋白胨 10.0 g/L,吐温 80 0.1 g/L,酵母膏 2.5 g/L,1.6% 的溴甲酚紫液 1.0 g/L,分别按表 1 加入不同碳源,调 pH=6.8,分装试管后按其相应的时间在 114 ℃ 高压蒸气灭菌。

作者简介: 赵娟娟(1982—),女,衡水学院讲师,硕士。
E-mail: zhaajuanjuan456@163.com

收稿日期: 2016-05-13

表 1 碳水化合物发酵培养基

Table 1 Carbohydrate fermentation medium			
碳源	添加量/ (10 ⁻² g·mL ⁻¹)	灭菌后的 pH 值	灭菌时间/ min
阿拉伯糖	0.5	6.9	12
纤维二糖	1.0	6.9	15
半乳糖	1.0	6.9	15
葡萄糖	1.0	6.9	15
乳糖	1.0	6.9	15
麦芽糖	1.0	6.9	15
甘露醇	1.0	6.9	15
松三糖	0.5	6.9	15
棉子糖	1.0	6.9	15
蜜二糖	0.5	6.9	15
鼠李糖	1.0	6.9	15
核糖	0.5	6.7	12
山梨醇	1.0	6.9	15
蔗糖	1.0	6.9	15
海藻糖	0.5	6.9	15
木糖	1.0	6.7	12
七叶灵	0.5	6.9	15
甘露糖	1.0	6.9	15

1.3 仪器与设备

PCR 扩增仪: Takara Thermal Cycler Dice TP600 型, 日本 TaKaRa 公司;
电泳仪: Mupid 型, 美国 Major Science 公司;
电泳成像装置: ImageMaster VDS 型, 安发玛西亚生物技术公司;
DNA 测序仪: ABI PRISM3730XL DNA Sequencer 型, 美国应用生物系统公司;
pH 计: MP-6100 型, 盐城澳鼎仪器制造有限公司。

1.4 试验方法

1.4.1 链球菌的分离纯化 上述的植物源产品过滤后吸取 1 mL(面包为 1 g), 用无菌生理盐水按 10 倍稀释至 10⁻⁵, 10⁻⁶, 10⁻⁷。取 0.1 mL 稀释液涂布在 MC 培养基上, 37 ℃ 倒置培养 48 h, 划线分离纯化获得菌株, 经镜检为纯培养物后转入固体斜面上, 一部分于甘油保存, 一部分在 4 ℃ 冰箱中

保存。
1.4.2 菌种的染色和形态观察 将菌种接种于 MC 培养基上, 观察菌落的形态。用无菌接种环取一环菌染色后用油镜进行观察, 观察菌株的形态。

1.4.3 链球菌代谢特性

(1) 过氧化氢酶试验: 在 MC 培养基的菌落上滴加 3% 的 H₂O₂, 观察有无气泡产生。
(2) 精氨酸水解试验: 将 1~2 d MC 液体培养物接种于精氨酸水解的培养基, 用无菌的石蜡矿物油密封, 倒置 37 ℃ 下培养 72 h 后, 观察结果。
(3) 七叶苷水解试验: PY 培养基中加入终浓度 5 g/L 的七叶苷, 灭菌。将活化好的培养液接种于试管, 37 ℃ 培养 24~72 h 后。取少量七叶苷培养液于比色盘内, 以未接种培养基作为对照, 滴加少量柠檬酸铁溶液, 显示黑色为阳性反应, 不显色则为阴性反应。

(4) 碳水化合物发酵试验: 按 1% 接种量, 将活化好的培养液接种于不同碳水化合物的培养基中, 37 ℃ 培养 24~72 h。培养液变黄为阳性反应, 反之为阴性反应^[7-8]。

1.4.4 链球菌的 16S rRNA 基因序列测序

(1) 变性: 从培养基中挑取菌体于 50 μL TaKaRa Lysis Buffer for Microorganism to Direct PCR(Code No.9164)中变性后离心取上清作为模板。反应条件为 80 ℃, 15 min。
(2) PCR 扩增: 使用 TaKaRa 16S rDNA Bacterial Identification PCR Kit(Code No.RR176), 进行 PCR 扩增。
(3) 测序: 使用 Takara MiniBEST Agarose Gel DNA Extraction Kit Ver.3.0(Code No.9762)切胶回收片段进行测序。

CTG497-S5 以 SEQ Forward、SEQ Internal 和 16S SEQF1 为引物进行 DNA 测序; 其余样品均以 SEQ Forward、SEQ Internal 和 SEQ Reverse 为引物进行 DNA 测序。

1.4.5 核桃乳的发酵试验及质量评定

(1) 酸度测定: 取乳样 10 mL, 加入 20 mL 蒸馏水和 2~3 滴酚酞试剂, 用标定过的 0.100 4 mol/L NaOH 溶液进行滴定, 酸度以吉尔涅尔度(°T)表示。
(2) 感官评定: 以色泽、香气、滋味以及形态作为核桃乳感官评分指标, 邀请 10 人进行试饮评判。评分结果取其平均值计算。具体评定细则见表 2。

表 2 口感外观评分的标准

Table 2 Taste and appearance of the scoring criteria					
级别	色泽(20 分)	香气(20 分)	滋味(30 分)	形态(30 分)	总分(100 分)
一级	白色微显灰色	具有核桃香气	酸甜适口, 乳酸味浓	均匀一致	90 分以上
	(18~20 分)	(18~20 分)	厚且柔软(27~30 分)	(27~30 分)	
二级	灰白色	核桃香气较明显	酸甜适口乳酸味	基本均匀	80~89 分
	(15~17 分)	(15~17 分)	较浓(24~26 分)	(24~26 分)	
三级	灰色	核桃香气平淡	酸甜较适口乳酸	略有分层	60~79 分
	(10~14 分)	(10~14 分)	味淡(20~23 分)	(20~23 分)	
四级	青灰色	核桃香气微弱	酸甜不协调, 风	明显分层	<60 分
	(<10 分)	(<10 分)	味平淡(<20 分)	(<20 分)	

(3) 氨基酸的评定:采用分离获得的链球菌与实验室保存的嗜酸乳杆菌 LA,进行核桃乳发酵试验,对发酵后氨基酸含量进行测定,并与未发酵核桃乳的营养质量进行比对评价。

2 结果与分析

2.1 链球菌的分离

由表 3 可知,共分离到乳酸菌 14 株,其中来自市售泡菜的 4 株,占总分离菌株的 29%;来自市售发酵面包的 3 株,占总数的 21%;来自市售酱黄瓜的 2 株,占总数的 14%;来自市售白芥丝的 5 株,占总数的 36%。链球菌形态,主要以卵圆形,细胞的排列呈对状、短链、中等长链、长链等不同的排列方式。

2.2 链球菌的初步筛选

将菌株为 HsS1~HsS14 分别与实验室保存的嗜酸乳杆菌 LA 进行核桃乳发酵试验,发酵产品酸度结果见表 4。

由表 4 可知,经过菌株 HsS5、HsS6、HsS8、HsS9 分别和嗜酸乳杆菌 LA 共同发酵后,产品酸度分别为 42,41,43,45 °T,经过感官评分,认为酸度在 40~45 °T 的样品,酸甜可口,组织状态均一,故可作为后续研究用菌株。

表 3 链球菌形态特征

Table 3 Morphological characteristics Streptococcus		
来源	形态	菌株数
泡菜	细胞卵圆形,由 2~4 细胞形成短链,蝌蚪状	4
发酵面包	细胞卵圆形,呈对状	3
酱黄瓜	细胞卵圆形,由 6~8 个细胞形成中等长链	2
白芥丝	细胞卵圆形,8 个以上长链且排列呈念珠状	5

表 4 核桃乳样品酸度测定结果

Table 4 Walnut milk acidity results							
样品	HsS1	HsS2	HsS3	HsS4	HsS5	HsS6	HsS7
酸度/°T	30	26	35	39	42	41	46
样品	HsS8	HsS9	HsS10	HsS11	HsS12	HsS13	HsS14
酸度/°T	43	45	32	36	37	48	50

2.3 链球菌的鉴定

2.3.1 链球菌的形态特征 由图 1~4 可知,从发酵面包、白芥丝、泡菜、酱黄瓜等分离得到的链球菌株,细胞为球形或卵圆形,直径 0.7~0.9 μm,在显微油镜下细胞的排列呈对状、短链、中等长链、长链等不同的排列方式。圆形菌落,深红色,表面光滑,边缘整齐,直径约 1 mm,革兰氏阳性。

2.3.2 代谢特性试验结果 将链球菌 HsS5、HsS6、HsS8、HsS9 按照文献[9]⁶⁷⁷⁻⁶⁷⁹进行代谢特性的测定,结果见表 5。

由表 5 可知,4 株菌的过氧化氢酶试验、精氨酸和七叶苷水解试验阴性,淀粉试验阳性;碳水化合物发酵试验中葡萄

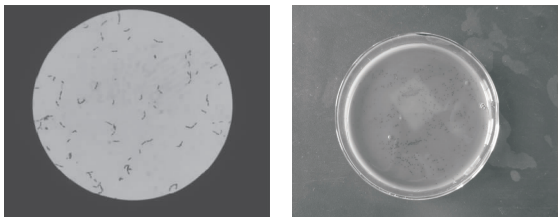


图 1 HsS5 的菌体和菌落形态

Figure 1 Colony morphology and cell morphology of strain HsS5

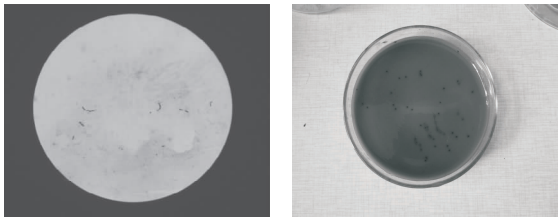


图 2 HsS6 的菌体和菌落形态

Figure 2 Colony morphology and cell morphology of strain HsS6

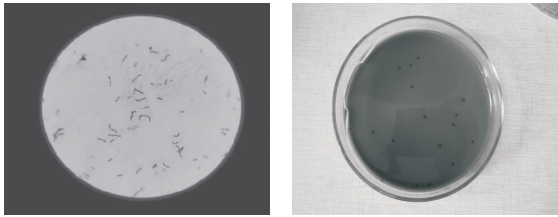


图 3 HsS8 的菌体和菌落形态

Figure 3 Colony morphology and cell morphology of strain HsS8

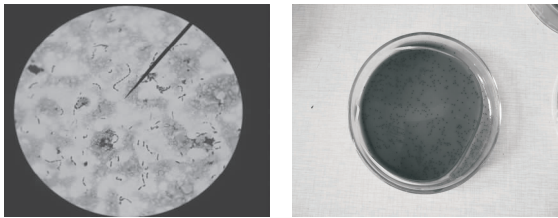


图 4 HsS9 的菌体和菌落形态

Figure 4 Colony morphology and cell morphology of strain HsS9

糖、乳糖和蔗糖能被链球菌利用。以上的代谢特性与文献[9]⁶⁹⁴所描述的嗜热链球菌特征一致,因此初步鉴定 4 株链球菌为嗜热链球菌。

2.3.3 16S rRNA 基因特异性扩增结果 将 4 个菌株的 16S rDNA 序列提交到 GenBank 数据库(<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>),结果见图 5。

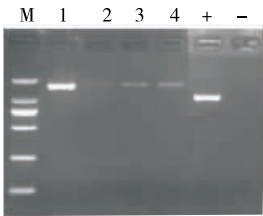
基因序列比对和分析结果为:菌株 HsS5 与嗜热链球菌(FR875178.1)的片段相似性达到 100%,菌株 HsS6 与嗜热链球菌(HM059005.1)的片段相似性达到 99%,菌株 HsS8 与嗜热链球菌(HM058273.1)的片段相似性达到 100%,菌株

表 5 链球菌的代谢特性[†]

Table 5 Metabolic characteristics of streptococcus

特征	HsS5	HsS6	HsS8	HsS9
精氨酸水解	—	—	—	—
过氧化氢酶	—	—	—	—
七叶苷水解	—	—	—	—
淀粉水解	+	+	+	+
阿拉伯糖	—	—	—	—
纤维二糖	—	—	—	—
半乳糖	—	—	—	—
葡萄糖	+	+	+	+
乳糖	+	+	+	+
麦芽糖	—	—	—	—
甘露醇	—	—	—	—
松三糖	—	—	—	—
棉子糖	—	—	—	—
密二糖	—	—	—	—
鼠李糖	—	—	—	—
核糖	—	—	—	—
山梨醇	—	—	—	—
蔗糖	+	+	+	+
海藻糖	—	—	—	—
木糖	—	—	—	—
七叶灵	—	—	—	—
甘露糖	—	—	—	—
菊粉	—	—	—	—

† +表示阳性；—表示阴性。



M, DNA Marker DL2 000 1. HsS5 的 16S rRNA 基因 2. HsS6 的 16S rRNA 基因 3. HsS8 的 16S rRNA 基因 4. HsS9 的 16S rRNA 基因 +. 阳性对照 - . 阴性对照

图 5 链球菌的 16S rRNA 基因

Figure 5 16S rRNA of streptococcus

HsS9 与嗜热链球菌(CP002340.1)在 66 845~68 289 bp 的片段的相似性达到 100%。结合菌株形态及代谢特性结果，确定 HsS5、HsS6、HsS8、HsS9 均为嗜热链球菌。

2.4 链球菌的核桃乳发酵试验

2.4.1 发酵核桃乳的感官评定结果 将菌株 HsS5、HsS6、HsS8 和 HsS9 与实验室保存的嗜酸乳杆菌 LA 进行核桃乳发酵试验,发酵后核桃乳样品分别标记为样品 5、6、8、9,感官评价结果见表 6。

由表6可知，菌株 HsS5 与实验室保存的嗜酸乳杆菌

表 6 感官评分结果

Table 6 Sensory evaluation results

样品	色泽	香气	滋味	形态	总分
样品 5	19	19	29	29	96
样品 6	19	19	27	26	91
样品 8	21	19	26	27	93
样品 9	17	18	25	26	86

LA 共同发酵的样品 5,具有核桃香气,滋味酸甜适口、乳酸味浓且柔和,色泽略显灰色,所形成的形态均匀一致。感官评定结果为 96 分,相比其它菌株的感官评分结果高。

2.4.2 发酵核桃乳的氨基酸测定结果 将菌株 HsS5、HsS6、HsS8 和 HsS9 与实验室保存的嗜酸乳杆菌 LA 进行核桃乳发酵试验,不同菌株发酵的核桃乳样品的分别标记为样品 5、6、8、9,氨基酸测定结果见表 7。

表 7 氨基酸测定结果

Table 7 Amino acid content results %

氨基酸	样品 5	样品 6	样品 8	样品 9	对照
赖氨酸	0.35	0.32	0.36	0.26	0.05
色氨酸	0.06	0.03	0.04	0.05	0.01
苯丙氨酸	0.13	0.18	0.17	0.15	0.12
蛋氨酸	0.10	0.06	0.08	0.09	0.04
苏氨酸	0.16	0.18	0.20	0.15	0.07
异亮氨酸	0.15	0.21	0.16	0.13	0.07
亮氨酸	0.52	0.45	0.39	0.40	0.17
缬氨酸	0.18	0.16	0.20	0.23	0.09
组氨酸	0.10	0.06	0.09	0.08	0.05
总计	1.75	1.65	1.69	1.54	0.67

由表 7 可知,经过发酵后的核桃乳的 9 种氨基酸含量均有不同程度的提高。其中经菌株 HsS5 搭配嗜酸乳杆菌 LA 发酵后赖氨酸的含量高达 0.35%,是未发酵前赖氨酸含量(0.05%)的 7 倍;亮氨酸的含量,由原来的 0.17% 提高到了 0.52%,是未发酵核桃乳的 3 倍;因此,菌株 HsS5 更适宜用在核桃乳发酵中。赖氨酸是核桃的第一限制性氨基酸,亮氨酸有助于血糖控制,重点考虑了这两种,综合感官评价分数,选择了 HsS5。

3 结论

本研究从特定植物来源的材料中,采用选择性分离培养基,获得了 HsS5、HsS6、HsS8、HsS9 4 株链球菌菌株。通过生理生化特性和 16S rRNA 基因序列分析,上述菌株均为嗜热链球菌。对鉴定后的菌株进行发酵研究,结果表明,采用菌株 HsS5 与实验室保存的嗜酸乳杆菌 LA 发酵得到的纯核桃发酵乳,感官评价最高,且具有较高的营养价值。后续将进一步分析纯核桃发酵乳其它营养成分的指标,促进该菌株的广泛应用。

(下转第 74 页)

特征方案二的,基于全光谱的。结果显示基于 Dasarathy’s 分类模型利用 PCA 对特征集进行分析,无论是方案一还是方案二对特征进行整合,熟牛肉 TVB-N 含量预测模型的性能指标参数 APA 均有一定程度的提升。而根据方案一所建立的 SVR 模型在 APA 这一模型性能指标上,其值从 82.24% 增加到 85.13%;方案二所建立的 SVR 模型在 APA 这一模型性能指标上,其值从 82.24% 增加到 83.77%。采用图像纹理特征信息对肉品品质进行分析与评价的研究早有报道,Huang 等^[3]利用纹理特征对猪肉的新鲜度进行预测,其预测模型相关系数达到 83.25%,而本试验中基于纹理特征的 SVR 预测模型性能与其相比,预测模型性能偏低。其原因可能是试验研究所选用的样品是熟肉,在储存期间,肉质腐败过程中,其纹理变化不是很明显,而生肉在腐败过程中,肉质会糜烂,纹理变化更为突出。

3 结论

本试验表明,通过整合 HSI 系统的光谱图像信息,熟牛肉中 TVB-N 含量预测模型在 APA 这一性能指标下从 82.35% 增加到 85.28%,同时也能得出数据融合技术在无损检测中不应被低估。两种基于 PCA 的融合方案对比显示:对单一特征集分别进行 PCA 分析再进行融合比对特征融合后再进行 PCA 分析所建模型性能更优。整合 HSI 系统的图谱信息并结合信息融合技术能够进一步提升所建模型的准确性。在今后的试验工作中,对 Dasarathy’s 分类模型的中间分析步骤进行其他相关分析,最终确定最优的特征分析算法。

参考文献

[1] HUANG Lin, ZHAO Jie-wen, CHEN Quan-sheng, et al. Non-destructive measurement of total volatile basic nitrogen (TVB-N) in pork meat by integrating near infrared spectroscopy, computer vision and electronic nose techniques[J]. Food Chemistry, 2014, 145(7): 228-236.

[2] DAI Qiong, CHENG JUN-hu, Sun Da-wen, et al. Prediction of total volatile basic nitrogen contents using wavelet features from visible/near-infrared hyperspectral images of prawn (*Metapenaeus ensis*) [J]. Food Chemistry, 2016, 197(Pt A): 257-65.

[3] HUANG Qi-ping, CHEN Quan-sheng, LI Huan-huan, et al. Non-destructively sensing pork’s freshness indicator using near infrared multispectral imaging technique [J]. Journal of Food Engineering, 2015, 154(116): 69-75.

[4] 刘燕德, 张光伟. 高光谱成像技术在农产品检测中的应用[J]. 食品与机械, 2012, 28(5): 223-226, 242.

[5] CHENG Wei-wei, SUN Da-wen, PU Hong-bin, et al. Integration of spectral and textural data for enhancing hyperspectral prediction of K value in pork meat[J]. LWT - Food Science and Technology, 2016, 72: 322-329.

[6] KHULAL Urmila, ZHAO Jie-wen, HU Wei-wei, et al. Intelligent evaluation of total volatile basic nitrogen (TVB-N) content in chicken meat by an improved multiple level data fusion model [J]. Sensors & Actuators B Chemical, 2016, 238: 337-345.

[7] 思振华, 何建国, 刘贵珊, 等. 基于高光谱图像技术羊肉表面污染无损检测[J]. 食品与机械, 2013, 29(5): 75-79.

[8] SUN Da-wen. Hyperspectral imaging for food quality analysis

and control [M]. Massachusetts: Academic Press, 2010: 56.

[9] ANDERSEN C M, BRO R. Variable selection in regression: a tutorial [J]. Journal of Chemometrics, 2010, 24 (11/12): 728-737.

[10] MOREIRA E D T, PONTES M J C, GALVÃO R K H, et al. Near infrared reflectance spectrometry classification of cigarettes using the successive projections algorithm for variable selection[J]. Talanta, 2009, 79(5): 1 260-1 264.

[11] LIU Dan, PU Hong-bin, SUN Da-wen, et al. Combination of spectra and texture data of hyperspectral imaging for prediction of pH in salted meat[J]. Food Chemistry, 2014, 160(10): 330-337.

[12] HARALICK R M, SHANMUGAM K, DINSTEN I. Textural features for image classification [J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 1973, 3(6): 610-621.

[13] DASARATHY B V. Sensor fusion potential exploitation: Innovative architectures and illustrative applications [J]. Proceedings of the IEEE, 1997, 85(1): 24-38.

[14] VAPNIK V N. The nature of statistical learning theory[M]. New York: Springer, 1995: 156-160.

[15] LIU Peng, TU Kang. Prediction of TVB-N content in eggs based on electronic nose [J]. Food Control, 2012, 23(1): 177-183.

[16] ELMASRY G, WOLD J P. High-speed assessment of fat and water content distribution in fish fillets using online imaging spectroscopy [J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2008, 56(17): 7 672-7 677.

[17] XIONG Zhen-jie, SUN Da-wen, PU Hong-bin, et al. Non-destructive prediction of thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) value for freshness evaluation of chicken meat using hyperspectral imaging [J]. Food Chemistry, 2015, 179(1): 175-181.

(上接第 63 页)

参考文献

[1] 徐效圣. 核桃乳生产工艺研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2010: 11-18.

[2] 王子娜. 核桃乳酸菌发酵饮料的工艺研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2012: 1-2.

[3] 王喜萍, 郑凤荣, 张文英, 等. 山核桃乳饮料的研制[J]. 食品与机械, 2004, 30(1): 38-39.

[4] 丁涓, 蒲洋, 张丽, 等. 核桃酸奶营养价值及工艺的研究[J]. 科技信息, 2009(35): 860.

[5] 邵洪涛, 吕嘉彬, 闫肃, 等. 嗜热链球菌对酸奶发酵的影响及应用前景[J]. 中国酿造, 2010(11): 5-8.

[6] 敬思群. 乳酸菌发酵核桃乳的研究[J]. 食品与发酵工业, 2006(7): 157-160.

[7] 李公美, 夏婁君, 单晓枫, 等. 酸奶中嗜热乳酸链球菌的分离鉴定及益生特性研究[J]. 安徽农业科学, 2010(11): 2 615-2 616.

[8] 王立平. 瑞士乳杆菌酪蛋白源活性肽制备及其生理功效研究 [D]. 北京: 北京林业大学, 2008: 27-28.

[9] BUCHANAN R E. 伯杰细菌鉴定手册[M]. 8 版. 中国科学院微生物研究所《伯杰细菌鉴定手册》翻译组, 译. 北京: 科学出版社, 1984.