

乳酸菌发酵对曲奇饼干品质的影响

须瑛敏, 孙圣涛, 夏红*

(苏州农业职业技术学院, 江苏 苏州 215000)

摘要: 为考察乳酸菌发酵对曲奇饼干品质的影响, 选用4种酸乳发酵剂对曲奇面团进行发酵, 4号发酵剂发酵效果较好, 采用单因素和正交实验优化发酵条件, 测定了发酵组和对照组的感官评分、理化指标及储存期微生物数量的变化。结果表明, 最佳发酵条件为: 发酵温度42℃、发酵时间4h、接种量(质量分数)4.5%。经过发酵的曲奇饼干口感更香脆清新, 感官评分90分, 对照组80分。发酵组的还原糖质量分数、脂肪质量分数、胆固醇质量分数比对照组分别低2.67 g/hg、6 g/hg、205 mg/kg, 丙烯酰胺质量分数也有所下降。乳酸菌发酵对菌落总数和大肠菌群的抑制效果明显, 对霉菌总数的抑制效果不明显。实验结果为乳酸菌应用于曲奇饼干生产工业化打下理论基础。

关键词: 乳酸菌发酵; 曲奇饼干; 感官品质; 理化品质; 微生物数量

中图分类号: TS 201.1 文章编号: 1673-1689(2019)06-0117-06 DOI: 10.3969/j.issn. 1673-1689.2019.06.016

Effect of Lactic Acid Fermentation on the Quality of Cookies

XU Yingmin, SUN Shengtao, XIA Hong*

(Suzhou Polytechnic Institute of Agriculture, Suzhou 215000, China)

Abstract: Four yoghurt starters were used in cookie dough fermentation to study effect on quality. The forth agent was better than others. Fermentation conditions were optimized by single factor and orthogonal test, sensory scores, physicochemical indexes and change of microbial number of cookies with different storage time were determined. The results showed the best fermentation conditions were: fermentation temperature 42℃, fermentation time 4 h, inoculum concentration 4.5%. After fermentation the cookies tasted more fresh and crisp, sensory score was 90, control group's sensory score was 80. Reducing sugar content, fat, cholesterol of fermentation group were lower than control group about 2.67 g/hg, 6 g/hg, 205 mg/kg, and acrylamide content decreased. Lactic acid fermentation exhibited inhibitory effect against total colony counts and Escherichia coli groups, exhibited weak inhibitory effect against total molds. The study provides the theoretical foundation for the lactic acid bacteria used in the production of industrial cookies.

Keywords: lactic acid fermentation, cookies, sensory quality, physicochemical quality, microbial number

收稿日期: 2016-10-21

* 通信作者: 夏红(1965—), 女, 硕士, 教授, 主要从事食品营养与检测工作。E-mail: 1533634549@qq.com

引用本文: 须瑛敏, 孙圣涛, 夏红. 乳酸菌发酵对曲奇饼干品质的影响[J]. 食品与生物技术学报, 2019, 38(06): 117-122.

曲奇饼干味道甜香、口感脆酥,被人熟知并喜爱,但油脂、糖分含量较高,并且在烘焙的过程中由于美拉德反应会形成丙烯酰胺等有害物质^[1]。根据文献报道,有些乳酸菌具有降解胆固醇的功能^[2-4],有些乳酸菌能降低烘焙过程中饼干中丙烯酰胺的含量^[5-8],乳酸菌发酵还能形成抗菌肽,对多种细菌和霉菌都有抑制作用^[9-13]。国外对于乳酸菌的研究应用较为深入。近年来,乳酸菌发酵生产的烘焙谷物食品已被发现在产品的风味、质构、货架期等诸多理化特性方面具有积极作用。国内对于乳酸菌的研究应用主要集中在乳制品、蔬菜、肉制品等行业,而对于烘焙行业中的应用研究较少^[14]。林欣梅等^[15]利用乳酸菌和酵母菌相互依存、共生发酵的特点,以乳酸菌和酵母菌混合作为发酵剂,研制营养保健型面包;方靖等^[8]在直接发酵法生产面包时添加乳酸菌,实验结果表明发酵剂能促进面团酸化,利于面团发酵,增大面团体积,增加面包风味,使面包更加柔软有弹性,有利于提高面包品质;张均叶等^[5]对乳酸菌降低发酵饼干中丙烯酰胺含量的机制进行初步探讨。而把乳酸菌发酵应用于曲奇饼干国内尚少见报道。本研究用乳酸菌发酵曲奇面团,考查乳酸菌发酵对曲奇饼干感官、还原糖含量、pH、蛋白质含量、脂肪、胆固醇含量、丙烯酰胺含量以及保藏过程中微生物数量的影响。

1 材料与方法

1.1 主要材料

低筋面粉,威士宝无盐黄油,白砂糖,一级糖粉,纯牛奶,食用葡萄糖,安琪 10 菌(1 号),安琪 8 菌(2 号),川秀双歧杆菌(3 号),丹尼斯克双菌(4 号)。

1.2 主要设备

自动打蛋器,英国凯伍德有限公司产品;培养箱,力辰科技有限公司产品;培养箱,力辰科技有限公司产品;面团醒发箱,康庭君威食品有限公司产品;烘焙烤炉,松下电子有限公司产品。

1.3 实验方法

1.3.1 曲奇饼干的制作 乳酸菌发酵组饼干:按照表 1 所示配方,乳酸菌粉溶解在牛奶中,加葡萄糖,搅拌均匀,40 ℃活化 1 h,黄油软化,加入白砂糖等辅料,打发,之后加入牛奶搅打,低筋面粉过筛,与黄油和匀,将面团置于洁净器皿中,用保鲜膜封口,

放于 40 ℃,湿度 70%的醒发箱中醒发 4 h,冷冻成型,取出切成 2 mm 厚,3 cm×5 cm 的薄片,180 ℃烘烤 10 min,冷却后得到发酵组饼干。

表 1 发酵饼干制作配方

Table 1 Recipes of fermented cookies

原料名称	质量/g
低筋面粉	100
黄油	65
白砂糖	15
牛奶	20
糖粉	30
葡萄糖	2
乳酸菌	2

对照组饼干:不加乳酸菌粉,黄油软化后加糖粉、白砂糖打发,加牛奶搅打,之后加面粉和匀,冷冻成型,取出切片,入炉烘焙。

1.3.2 发酵条件的优化 单因素实验优化了面团发酵的温度、时间、接种量,正交实验考查因素间的交互影响,进一步优化了发酵条件。

1.3.3 曲奇饼干感官品质评分标准 由 10 名食品感官评定专业人员组成评定小组,对产品的色泽、形态、杂质、组织、滋味口感等 5 项进行小组打分,评分总分为 100 分,取小组评分总分的平均值。产品感官品质评分标准见表 2。

1.3.4 理化检测方法 1)pH 测定。称取 10 g 样品,加入 100 mL 蒸馏水中,用玻璃棒搅拌 5 min,待样液沉淀后,pH 计测定,记录数据。2)还原糖测定。参考 GB/T 5009.7—2008 食品中还原糖的测定。3)蛋白质测定。凯氏定氮法,具体参考 GB/T 5009.5—2010。4)脂肪测定。取 500 g 实验组曲奇样品用无水乙醚抽提后,蒸发所得溶液中多余物质从而获取粗脂肪。采用索氏抽提法来测定曲奇饼干中脂肪含量。具体参考 GB/T 5009.6—2003。5)胆固醇测定。RP-HPLC 法^[16]。6)丙烯酰胺的测定。在曲奇试样中加入 13C3 标记的丙烯酰胺内标溶液,以蒸馏水为提取溶剂,经净化后,以液相色谱-质谱的多反应离子监测进行检测^[17]。

1.3.5 微生物计数方法 曲奇样品中菌落总数计数参考 GB 4789.2—2010,曲奇样品中大肠杆菌计数参考 GB 4789.3—2010,曲奇样品中霉菌计数参考 GB/T 4789.15—2010。

表 2 感官品质评分标准

Table 2 Sensory quality score standard

项目	评分标准			
	好(20分)	较好(15分)	一般(10分)	差(5分)
色泽	呈金黄色,色泽非常均匀,无白粉、无过焦现象	有较好的金黄色,色泽基本均匀,有非常少量白粉,有很少过焦、过白现象	金黄色色泽不明显,色泽不太均匀,有少量白粉,有少量过焦、过白现象	金黄色光泽很差,色泽不均匀,有大量白粉,有大量过焦、过白现象
形态	外型很完整、美观、厚薄均匀、不收缩、不变形,不起泡,凹底很少	外形较完整、美观,厚薄基本均匀,收缩和变形少,起泡少,凹底很少	外形不太完整,厚薄不太均匀,收缩和变形多,起泡多,凹底多	外形不完整,厚薄不均匀,收缩和变形多,起泡非常多,凹底非常多
杂质	无油污、无不可食异物	有少量油污,有较少不可食异物	有较多油污,有较多不可食异物	油污和不可食异物非常多
组织	断面结构呈多孔状,组织细密酥松,无孔洞	断面结构呈多孔状,较细密,孔洞小	断面结构呈多孔状,不细密,有较大孔洞	断面结构无多孔状
滋味与口感	口感松脆,细腻,酸甜适中,不粘牙,无异味,无未溶化的糖、盐,香味强,无不良饼干气味	口感较松脆,细腻,酸甜适中,不粘牙,无异味,无未溶化的糖、盐,香味较强,无不良饼干气味	口感不太松脆,有点粘牙,酸味较突出,香味弱,有异味	口感较松脆,细腻,粘牙,酸味强烈,有异味,香味很弱

2 结果与讨论

2.1 乳酸菌发酵单因素实验

2.1.1 发酵剂的选择 分别采用安琪 10 菌(1 号)、安琪 8 菌(2 号)、川秀双歧杆菌(3 号)、丹尼斯克双菌(4 号),对发酵剂进行了编号,在 100 g 的面粉中加入质量分数 2% 的菌粉(以低筋面粉 100 g 为基准,菌粉分别以低筋面粉的质量计),在 40 ℃、4 h 条件下发酵面团。考查不同发酵剂对面团 pH 及曲奇饼干感官评分的影响,以不加发酵剂的面团作为对照(5 号)。由图 1 可知,4 号发酵剂发酵面团 pH 降低最多,曲奇饼干感官评分最高,选定 4 号发酵剂为后续实验的发酵剂。

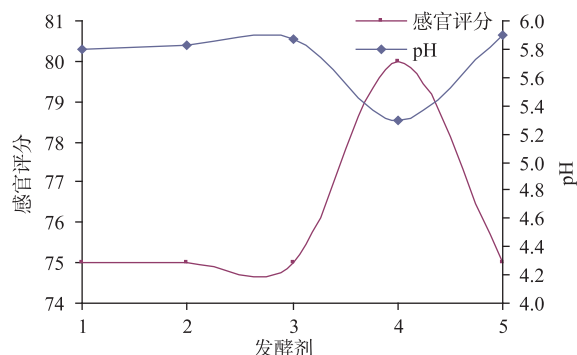


图 1 不同发酵剂发酵感官评分与 pH

Fig. 1 Sensory score and pH of cookies with different yoghurt starters

2.1.2 发酵时间 100 g 的面粉中加入 2% 的 4 号发酵剂,40 ℃ 分别发酵 3、4、5、6、7、8 h,考查发酵不同时间对面团 pH 变化及曲奇饼干感官评分的影响。由图 2 可知面团发酵 6 h, pH 变化下降最为明显,6 h 之后 pH 变化趋于平缓,曲奇饼干感官评分发酵 5 h 分数最高,5 h 后饼干酸味较强,确定最佳发酵时间为 5 h。

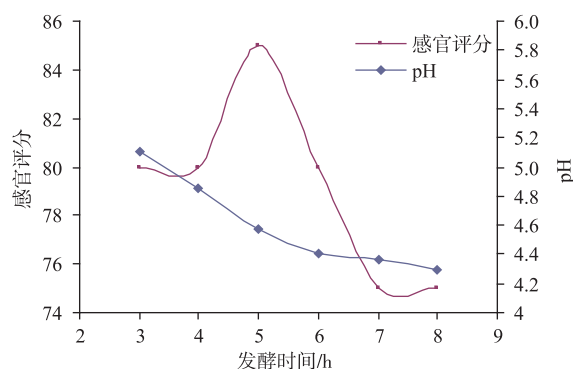


图 2 不同发酵时间感官评分与 pH

Fig. 2 Sensory scores and pH of cookies with different fermentation time

2.1.3 发酵温度 100 g 的面粉中加入质量分数 2% 的 4 号发酵剂,分别在 35、37、40、42、45 ℃ 发酵 6 h,考查不同发酵温度对面团 pH 变化的影响。由图 3 可知,面团在 40 ℃ 条件下发酵 pH 变化明显,感官评分最高,确定最佳发酵温度为 40 ℃。

2.1.4 接种量 100 g 的面粉中分别加入质量分数

2%、3%、4%、5%、6%的4号发酵剂,在40℃条件下,发酵5h,考查不同接种量对面团pH变化的影响。由图4可知,接种量大于4%感官评分下降,确定最佳接种量为4%。

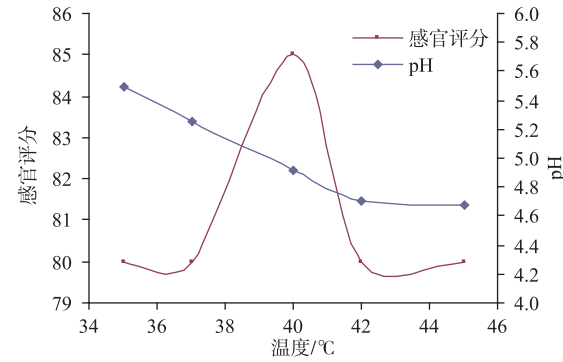


图3 不同发酵温度感官评定与pH

Fig. 3 Sensory scores and pH of cookies with different fermentation temperature

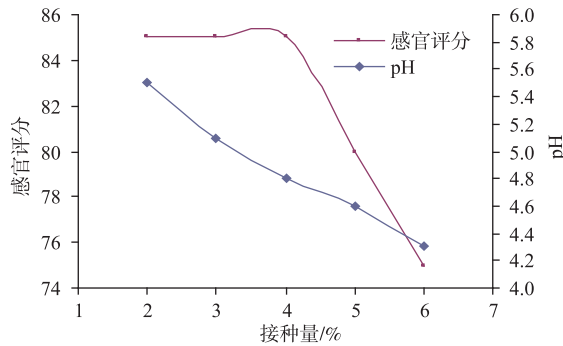


图4 不同接种量感官评定与pH

Fig. 4 Sensory scores and pH of cookies with different inoculum concentration

2.2 乳酸菌发酵正交实验

采用三因素三水平的正交实验对发酵条件进一步优化,因素与水平表如表3,实验结果见表4。

表3 正交试验因素与水平表

Table 3 Table of factors and levels of orthogonal experiment

水平	A 发酵时间/h	B 发酵温度/℃	C 接种量/%
1	4	37	3.5
2	5	40	4
3	6	42	4.5

由表4可知,感官评分最佳的条件为 $A_1B_3C_3$,由极差 R 值可知对发酵影响程度为 $A>B=C$,确定最佳的发酵条件为发酵时间4h,发酵温度42℃,接种量4.5%。

表4 正交实验结果表

Table 4 Table of orthogonal experiment results

试验号	A	B	C	感官评分
1	1	1	1	80
2	1	2	2	85
3	1	3	3	90
4	2	1	1	80
5	2	2	2	85
6	2	3	3	80
7	3	1	1	80
8	3	2	2	75
9	3	3	3	75
K_1	255	240	240	
K_2	245	245	245	
K_3	230	245	245	
k_1	85	80	80	
k_2	81.7	81.7	81.7	
k_3	76.7	81.7	81.7	
R	5.56	2.5	2.5	

2.3 乳酸菌发酵对曲奇饼干感官品质的影响

曲奇饼干感官品质分析,一组加入乳酸菌,一组则为普通曲奇。加入乳酸菌的一组黄油味稍淡,色泽相对较白,口感更清脆。感官品质评分见表5。

表5 曲奇饼干感官评分

Table 5 Sensory score of cookies

项目	发酵组	对照组
色泽	15	15
形态	20	15
杂质	20	20
组织	15	15
滋味与口感	20	15
总分	90	80

2.4 乳酸菌发酵对曲奇饼干理化性质的影响

分别测定对照组和发酵组曲奇饼干的还原糖质量分数、pH、蛋白质质量分数、脂肪质量分数、胆固醇质量分数及丙烯酰胺质量分数,结果见表6。发酵组的理化指标较对照组均有所降低,发酵组还原糖质量分数比对照组低2.67 g/hg,脂肪质量分数低6 g/hg,胆固醇低205 mg/kg,丙烯酰胺质量分数也有所下降,这与张均叶等^[5]的研究结果一致,这些物质质量分数的降低可为研制更健康的曲奇饼干打下理论基础。

2.5 乳酸菌发酵对曲奇饼干微生物数量的影响

分别测定30℃下保存5、10、15、20、25、30 d的曲奇饼干中的菌落总数、大肠菌群、霉菌的数量,分析乳酸菌发酵的抑菌效果。结果见图5-7。

由图 5 可知,随着时间的延长,对照组和发酵组的菌落总数都呈上升趋势,对照组的 20 d 后就已超过国标(10 000 CFU/g),发酵组菌落总数上升较对照组慢,说明乳酸菌发酵对菌落总数有抑制作用,抑菌机制可能是由于乳酸菌发酵产生了乳酸和乳酸菌细菌素^[13,18],但具体抑制了哪些种类的细菌,还有待进一步研究。

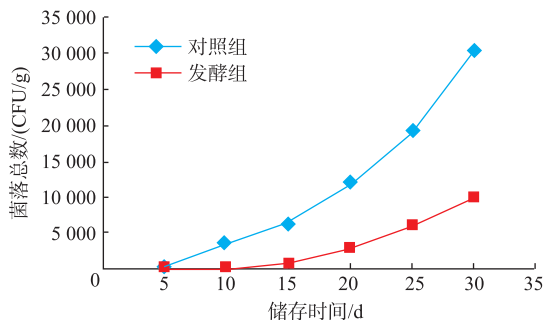


图 5 不同储存时间两组曲奇饼干菌落总数的变化

Fig. 5 Change of total colony counts of cookies with different storage time

由表 6 可知,随着时间的延长,对照组和发酵组的大肠菌群数量都在上升,对照组的 15 d 后就已超过国标 (10 CFU/g),发酵组的 25 d 后才超过国标,可见乳酸菌发酵对大肠菌群也有抑制作用。刘晶等^[1]的实验也发现了乳酸菌对大肠菌群的抑制作用。

表 6 曲奇饼干理化测定结果

Table 6 Determination results of physicochemical indexes of cookies

理化项目	对照组	发酵组
还原糖含量/(g/100 g)	5.34	2.67
pH	5.50	4.62
蛋白质/(g/100 g)	5	3.5
脂肪/(g/100 g)	27	21
胆固醇/(mg/kg)	1 522	1 317
丙烯酰胺/(μg/kg)	8.32	4.51

由图 7 可知,随着时间的延长,对照组和发酵组的霉菌总数都在上升,但是短时间内均未超过国标(50 CFU/g),而发酵组的霉菌总数上升较对照组慢。李院等^[9]从酱菜中分离得到的乳酸菌对青霉菌具有明显的抑制效果,但本实验中抑菌效果不太明显,对于焙烤食品来说抑制霉菌滋生可大大延长保质期,后续实验中可尝试添加对霉菌有抑制作用的

乳酸菌进行发酵。

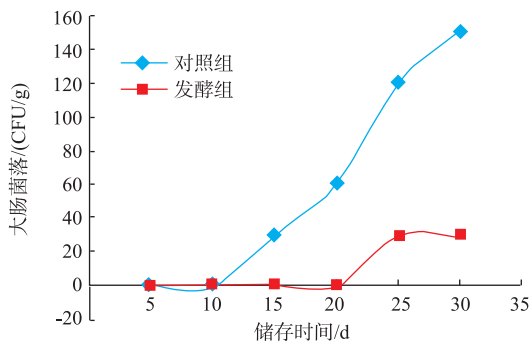


图 6 不同储存时间两组曲奇饼干大肠菌群的变化

Fig. 6 Change of Escherichia coli groups of cookies with different storage time

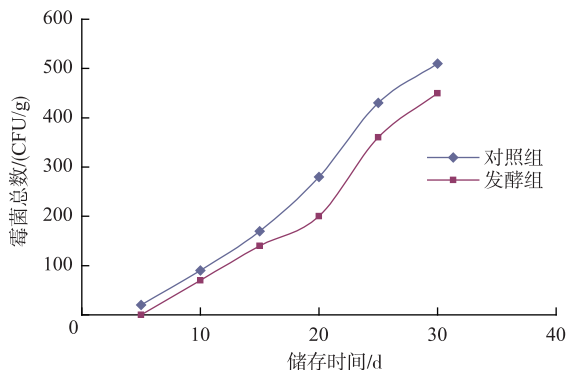


图 7 不同储存时间曲奇饼干霉菌总数的变化

Fig. 7 Change of total molds of cookies with different storage time

3 结 语

选用了 4 种酸乳发酵剂进行曲奇面团发酵,确定 4 号为最佳发酵剂,单因素和正交实验优化了发酵条件,最终确定发酵条件为:发酵温度 42 ℃、发酵时间 4 h、接种量 4.5%。感官分析发现,发酵组较对照组口感更加香脆、清新,外观更加完整;理化测定发酵组还原糖含量比对照组低 2.67 g/hg,脂肪质量分数低 6 g/hg,胆固醇低 205 mg/kg,丙烯酰胺质量分数也有所下降;微生物测定发现短时间内乳酸菌对菌落总数的抑制效果明显,对大肠菌群也有一定抑制效果,而对霉菌总数的抑制效果则不是很明显。后续的研究中可尝试用不同的乳酸菌组合来发酵曲奇面团,优化发酵曲奇的配方及工艺,以期能进一步降低还原糖、油脂、胆固醇、丙烯酰胺的质量分数,降低饼干中微生物数量,延长货架期,为乳酸菌应用于曲奇饼干生产工业化打下理论基础。

参考文献:

- [1] 程疏. 曲奇中美拉德反应伴生危害物及其控制技术研究[D]. 杭州:浙江大学, 2014.
- [2] HU Yong, WEN Xiaorong, CHANG Zichao, et al. Isolation and identification of cholesterol-reducing lactic acid bacteria[J]. **Dairy industry**, 2015, 43(2):20-23. (in Chinese)
- [3] WEN Zihui, LI Dapeng, ZHANG Wentian, et al. Selecting and identification cholesterol-lowering ability and acid bile tolerance of lactic acid bacteria[J]. **Journal of Heilongjiang Bayi Agricultural University**, 2014, 26(6):42-44. (in Chinese)
- [4] JIN Zhimin, TONG Liga. Functions and fermentation characteristics of high cholesterol-reducing lactic acid bacteria[J]. **Food Science**, 2014, 35(11):120-123. (in Chinese)
- [5] ZHANG Junye, ZHAO Jianxin, YAN Bowen, et al. Reducing acrylamide content in biscuits via lactic acid bacteria fermentation [J]. **Modern Food Science and Technology**, 2015, 31(12):277-282. (in Chinese)
- [6] KUMAR N S M, SHIMRAY C A, INDRANI D, et al. Reduction of acrylamide formation in sweet bread with L-asparaginase treatment[J]. **Food and Bioprocess Technology**, 2014, 7(3):741-748.
- [7] GALLE S, SCHWAB C, ARENDT E K, et al. Structural and rheological characterisation of heteropolysaccharides produced by lactic acid bacteria in wheat and sorghum sourdough[J]. **Food Microbiology**, 2011, 28(3):547-553.
- [8] FANG Jin, CHEN Zhong, LIN Weifeng, et al. Effects of lactic acid bacteria on a straight dough method bread quality[J]. **Science and Technology of Food Industry**, 2013, 34(10):212-214. (in Chinese)
- [9] LI Yuan, KOU Liping. Isolation and identification of lactic acid bacteria inhibiting penicillium and analysis of their antimicrobial components[J]. **Food Science**, 2015, 36(21):150-155. (in Chinese)
- [10] LI Qing, WANG Ying, LIU Xiaoli, et al. Isolation of a broad-spectrum antibacterial lactic acid bacterium and evaluation of probiotic properties[J]. **Microbiology China**, 2015, 42(2):332-339. (in Chinese)
- [11] LIU Jing, WANG Jianchang, SUN Wenju, et al. Isolation and identification of lactic acid bacteria in the Finnish traditional fermented dairy viili[J]. **Science and Technology of Food Industry**, 2015, 36(5):181-184. (in Chinese)
- [12] WANG Xin, ZHAO Wei, ZHEN Yuguo. Comparison of bacteriostatic effects of lactic acid bacteria screened from different sources[J]. **Food Science and Technology**, 2014, 39(10):22-25. (in Chinese)
- [13] FAN Xing, ZHANG Haoguo, HUI Yuan, et al. Research process of antibacterial function of lactic acid bacteria[J]. **China Dairy**, 2014, 129:52-54. (in Chinese)
- [14] HOU Jinli. Application of lactic acid bacteria in food industry[J]. **Modern Agricultural Science and Technology**, 2015, 15:284-285. (in Chinese)
- [15] LIN Xinmei, WEI Chunhong, LU Baoxin, et al. Technics optimization of lactic acid bacteria bread through fermentation with yeast and lactic acid bacteria[J]. **Food Research And Development**, 2015, 36(12):72-75. (in Chinese)
- [16] QI Bulehasi, LI Hong, XU Xiangfeng, et al. Study on determination of cholesterol in foods by RP-HPLC method[J]. **Journal of Food Safety and Quality**, 2014, 5(11):276-279. (in Chinese)
- [17] HUANG Weining, LI Zhenni, YAO Yuan. Acrylamide inhibition in cookies using natural antioxidants[J]. **Food Science**, 2011, 32(7):129-140. (in Chinese)
- [18] CHEN Xiujin, MA Liping, CAO Li, et al. Screening and identification of broad-spectrum bacteriocin from lactic acid bacteria in lichen pickles[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2016, 35(1):42-47. (in Chinese)