

基于标准化法评估的牦牛酸奶加工工艺

李升升, 靳义超*

(青海大学 畜牧兽医科学院, 青海 西宁, 810016)

摘要: 为优化牦牛酸奶的加工工艺, 通过标准化法评估研究了牦牛奶杀菌条件、菌种接种体积分数、发酵温度、后酸化时间对牦牛酸奶品质的影响。结果表明, 牦牛乳在 90 ℃ 下杀菌 10 min, 添加 0.15% 混合乳酸菌发酵剂、在 43±1 ℃ 条件下发酵至凝固, 4 ℃ 后酸化 24 h, 制得的牦牛酸奶品质好。

关键词: 牦牛酸奶; 发酵; 品质; 标准化

中图分类号: TS 252.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-1689(2018)03-0297-06

Study on the Producing Technology of Yak Yogurt Based on Standardization Analysis

LI Shengsheng, JIN Yichao*

(Academy of Animal and Veterinary Sciences, Qinghai University, Xining 810016, China)

Abstract: In order to optimize the processing technology of yak yogurt, sterilization conditions of yak milk, starter cultures, fermentation time, post-fermentation time were researched based on standardization analysis. The results showed that yak milk sterilization for 10 min at 90 ℃, starter culture with 0.15%, fermentation at 43±1 ℃, and post-fermentation for 24 h at 4 ℃, yak yogurt had good quality.

Keywords: yak yogurt, fermentation, quality, standardization

牦牛生活在青藏高原 3 000~5 000 m 海拔的高寒地带, 被誉为雪域高原的“生命之舟”^[1]。有人这样形容牦牛的生活: “喝的是矿泉水, 吃的是中草药, 住的是风景区”, 纯净的奶源环境造就了绿色的牦牛奶。在氧气稀薄的世界屋脊, 牦牛常年野牧于自然草场之上, 以天然牧草和草原上多种名贵的天然中药材(如雪莲、虫草、贝母等)为食, 常年饮用冰山

雪水, 牦牛奶也因此被誉为“奶中极品”^[2-3]。

酸奶是新鲜牛奶经过杀菌后, 添加蔗糖、发酵剂后制成的发酵乳制品, 口味酸甜细滑, 营养丰富, 深受人们喜爱^[4]。专家称它是“21 世纪的食品”, 是一种“功能独特的营养品”, 能调节机体内微生物的平衡。和新鲜牛奶相比, 酸奶不但具有新鲜牛奶的全部营养成分, 而且酸奶能使蛋白质结成细微的乳

收稿日期: 2015-10-21

基金项目: 国家级星火计划项目(2013GA870001); 农业部公益性行业(农业)科研专项(201303083)。

作者简介: 李升升(1984—), 男, 山西临汾人, 博士研究生, 助理研究员, 主要从事食品科学方面的研究。E-mail: lishsh123@163.com

* 通信作者: 靳义超(1958—), 男, 河南南阳人, 农学硕士, 研究员, 主要从事畜产品加工技术方面的研究。E-mail: jinyicha88@163.com

引用本文: 李升升, 靳义超. 基于标准化法评估的牦牛酸奶加工工艺[J]. 食品与生物技术学报, 2018, 37(03): 297-302.

块,乳酸和钙结合生成的乳酸钙更容易被消化吸收,利用乳酸菌分解乳中的糖类产生酸奶的风味,还能产生对人体有益的物质^[5-6]。

牦牛奶营养丰富,酸奶产品形式利于人体消化吸收,使得牦牛酸奶成为了牦牛奶的主要产品形式之一,也是青藏高原地区农牧民最喜爱的食物之一。为了优化牦牛酸奶的发酵工艺,作者结合标准化评估法^[7]研究了牦牛奶的杀菌、接种体积分数、发酵温度及后酸化过程对牦牛酸奶品质的影响,以期作为牦牛酸奶的工业化、标准化、规模化生产提供理论依据和技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料

牦牛奶:采自青海省天峻县;乳酸菌:北京川秀科技有限公司;酚酞、氢氧化钠等:均为分析纯。

1.2 主要设备

DNP-9272 电热恒温培养箱:宁波东南仪器有限公司;HH-6 电热恒温水浴锅:上海比朗仪器有限公司;TP-3001 中心温度计:苏州市沧浪区泰式电子经营部;LH-T80 糖度仪:杭州陆恒生物科技有限公司;HI98128pH 计:意大利哈纳仪器有限公司;H/T16MM 台式高速离心机:湖南赫西仪器装备有限公司;NDJ-1 旋转黏度计:上海昌吉地质仪器有限公司;YP402N 电子天平:上海精密科学仪器有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 牦牛奶杀菌条件的选择 选择 80 ℃/15 min、90 ℃/10 min、100 ℃/5 min 三种杀菌方式对原料奶进行杀菌,冷却至发酵温度接种,于 42 ℃条件下发酵,4 ℃条件下后酸化 24 h 测定成品的酸度、持水力、黏度和感官品质,结合标准化评估确定适宜的杀菌条件。

1.3.2 接种体积分数对牦牛酸奶品质的影响 在 90 ℃对原料奶杀菌 10 min,冷却至发酵温度,分别按 0.05%、0.1%、0.15%、0.2%、0.25% 的比例进行接种,于 42 ℃条件下发酵,4 ℃条件下后酸化 24 h 后测定成品酸度、持水力、黏度和感官品质,结合标准化评估确定适宜的接种体积分数。

1.3.3 发酵温度对牦牛酸奶品质的影响 在 90 ℃对原料奶杀菌 10 min,冷却至发酵温度,按 0.15% 的比例进行接种,于 38、40、42、44、46 ℃条件下发酵,

4 ℃酸化 24 h 后测定成品酸度、持水力、黏度和感官品质,结合标准化评估确定适宜的发酵温度。

1.3.4 后酸化时间对牦牛酸奶品质的影响 在 90 ℃对原料乳杀菌 10 min,冷却至发酵温度,按 0.15% 的比例进行接种,于 42 ℃条件下发酵,4 ℃酸化 0、12、24、36、48 h 后测定成品酸度、持水力、黏度和感官品质等指标,结合标准化评估确定适宜的后酸化时间。

1.3.5 与现有工艺的比较 将本试验所得工艺 1 与企业普遍采用的生产工艺 2 (原料乳煮沸,接种 0.2% 的乳酸菌,在 44 ℃条件下发酵,后酸化 12 h) 进行对照,测定成品酸度、持水力、黏度和感官品质等指标,对比不同工艺条件下生产的牦牛酸奶品质差异。

1.4 指标测定

1.4.1 凝乳时间 将酸奶碗倾斜 30°观察无液体流动时确定为发酵终点,即凝乳正常。以发酵开始至凝乳正常的时间为凝乳时间。

1.4.2 酸度 依照食品安全国家标准 GB5413-2010《乳和乳制品酸度的测定》测定牦牛酸奶的酸度。

1.4.3 黏度 参考冶成君^[8]的方法,用 NDJ-1 旋转黏度计在 4 ℃下测定,根据被测流体的黏度大小,选取 3 号转子和 6 r/min 的转速,计时 30 s 后读取数据,重复 3 次,平均值为样品的黏度。

1.4.4 持水性 采用 Hassan^[9]的方法。取 15~20 g 样品,10 ℃、13 500 g 离心 30 min,倾去上清液,使离心管保持倒置状态 10 min,称量沉淀物质量,按下式计算酸奶的持水性:

$$\text{酸奶持水性}(\%) = \frac{\text{离心沉淀物质量}}{\text{样品质量}} \times 100$$

1.4.5 感官评价 为确定牦牛酸奶适宜的制作参数,分别从发酵后酸奶的色泽、口感、组织状态、风味等 4 方面进行感官评定^[10]。邀请相关专业人员组成 8 人感官评定小组,根据表 1 感官评分表对产品进行评分,然后加权平均得出各组的分值。

1.5 数据分析

采用 SPSS17.0 对数据进行统计分析。方差分析中的多重比较采用 Duncan 法。标准化评估采用“0-1”标准化,酸度、黏度、持水力和感官评价等数值越高品质越好的指标以公式:(指标-最小值)/(最大值-最小值)(数值最大者评分为 1)进行标准化,凝

表 1 感官评分标准

Table 1 Sensory evaluation standards of yak milk yogurt

项目	分值	评分标准
色泽	15	色泽均匀,呈乳白色或微黄色 13~15 分;色泽一致,呈白色或黄色 9~12 分;色泽不均匀,呈黄白相间 6~8 分;色泽差,有杂色 0~5 分。
口感	20	稠度适宜,酸甜适度 16~20 分;稠度适宜,微酸或微甜 11~15 分;偏稠或偏稀,酸甜适度 6~10 分;偏稠或偏稀,偏酸或偏甜 0~5 分。
组织状态	35	凝块均匀细腻,无乳清析出 31~35 分;凝块均匀,无乳清析出 21~30 分;凝块均匀,稍有乳清析出 11~20 分;凝块不均匀,乳清析出严重 6~10 分;凝块不完整,乳清严重析出 0~5 分。
风味	30	风味纯正、具牦牛酸奶特有的风味 26~30 分;风味均一,具牦牛酸奶的风味 21~25 分;风味均一、具牦牛酸奶的风味、稍有酒精发酵味 16~20 分;具牦牛酸奶的风味、稍有酒精发酵味 11~15 分;有酒精发酵味、霉味或其他不良气味 6~10 分;风味差,杂味重 0~5 分。

乳时间数值越低品质越好的指标以公式:(最大值-指标)/(最大值-最小值)(数值最小者评分为 1)进行标准化。

2 结果与分析

2.1 杀菌条件对牦牛酸奶品质的影响

杀菌主要目的是杀灭原料奶中的杂菌利于后续发酵和使蛋白质变性以改善酸奶组织结构^[11-13]。由表 2 可知,杀菌条件对凝乳时间、酸度和持水性影响不显著($p>0.05$),对黏度和感官评价影响显著

($p<0.05$)。说明 3 种杀菌条件都达到了杀菌目的,然而由于 100 ℃/5 min 杀菌导致乳中的蛋白质变性,导致酸奶的黏度较 80 ℃/15 min 和 90 ℃/10 min 差;同时 100 ℃/5 min 杀菌使酸奶有淡淡的焦味,影响风味,初步分析认为高温引起原料奶发生美拉德反应。从图 1 也可以看出,80 ℃/15 min 和 90 ℃/10 min 条件下制得的牦牛酸奶的各项指标显著优于 100 ℃/5 min 条件下制得的酸奶,结合生产效率选择 90 ℃/10 min 进行牦牛奶的杀菌。

表 2 杀菌对牦牛酸奶品质的影响

Table 2 Effect of different sterilization conditions on quality of yak yogurt

杀菌条件	凝乳时间/min	酸度/°T	黏度/(mpa·s)	持水性/%	感官评价
80 ℃/15 min	440.00±8.66	107.20±5.10	7171.33±219.01 ^b	61.18±1.22	85.67±2.08 ^b
90 ℃/10 min	435.00±5.00	102.87±4.40	6871.33±148.56 ^{ab}	61.40±2.90	88.33±2.89 ^b
100 ℃/5 min	438.33±7.64	103.90±3.69	6438.00±378.72 ^a	57.91±3.03	75.67±0.58 ^a

注:不同字母表示差异显著, $p<0.05$ 。

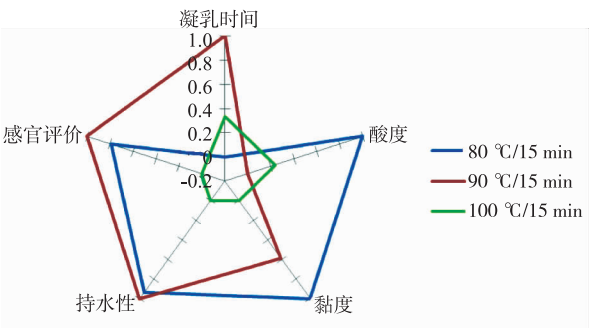


图 1 杀菌对牦牛酸奶品质影响的标准化评分雷达图

Fig. 1 Radar diagram of standardized evaluation of sterilization on quality of yak yogurt

2.2 接种体积分数对牦牛酸奶品质的影响

由表 3 可以看出,接种体积分数对牦牛酸奶的持水力影响不显著($p>0.05$),对牦牛酸奶的凝乳时间、酸度、黏度和感官品质影响显著($p<0.05$)。在接种体积分数为 0.05%~0.20% 范围时,随着接种体积分数的增加,牦牛酸奶的凝乳时间整体表现为缩短、酸度和黏度增加、感官品质向好;当接种体积分数继续增加至 0.25% 时,酸度、黏度、感官品质下降。分析认为,菌种的接种需要适宜的量,当接种体积分数小时,原料乳中的营养成分被菌种用来自身的增殖,导致营养物质不能用来产生风味物质和次级代谢产物,导致酸奶的品质下降,随着接种体积分

数的增加,菌种达到稳定生长期的时间缩短,奶中的营养物质更限度地转化为风味物质。当接种体积分数超过一定范围时,菌种体积分数对发酵进程影响很少,而且产酸量过多,造成凝乳中蛋白质脱水收缩严重,使乳清析出较多,质地粗糙,使产品的

风味变差^[14-15]。在图 2 接种体积分数对牦牛酸奶品质影响的标准化评分雷达图中也可以看出,接种体积分数为 0.15%和 0.20%时,牦牛酸奶的标准化评分较高且相近。结合生产成本推荐 0.15%接种体积分数制作牦牛酸奶。

表 3 接种体积分数对牦牛酸奶品质的影响
Table 3 Effect of different starter culture on quality of yak yogurt

接种体积分数/%	凝乳时间/min	酸度/°T	黏度/(mpa·s)	持水性/%	感官评价
0.05	495.00±5.00 ^c	85.13±5.15 ^a	5526.33±275.54 ^a	58.20±3.02	63.33±3.21 ^a
0.10	458.33±7.64 ^b	95.50±5.31 ^b	5828.00±183.07 ^a	61.83±4.23	72.00±1.73 ^b
0.15	423.33±12.58 ^a	109.43±3.43 ^c	6371.33±301.60 ^b	64.23±3.02	86.00±1.73 ^c
0.20	430.00±10.00 ^a	111.57±4.81 ^c	6422.67±345.95 ^b	64.03±2.96	88.67±1.53 ^c
0.25	428.67±8.08 ^a	97.77±2.28 ^b	5799.33±210.82 ^a	59.33±3.69	71.67±2.08 ^b

注:不同字母表示差异显著, $p<0.05$ 。

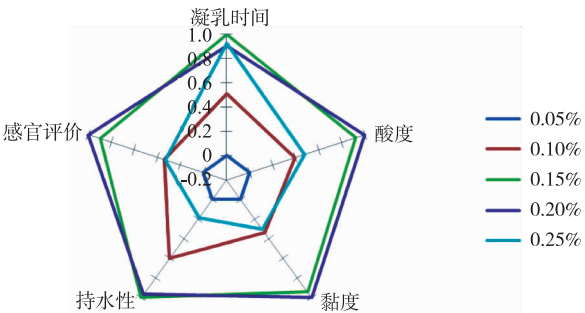


图 2 接种体积分数对牦牛酸奶品质影响的标准化评分雷达图
Fig. 2 Radar diagram of standardized evaluation of starter culture on quality of yak yogurt

2.3 发酵温度对牦牛酸奶品质的影响

发酵温度直接影响菌种代谢活动,从而影响代

谢产物的生成,继而影响产品的风味品质^[16]。从表 4 可以看出,发酵温度对牦牛酸奶的黏度影响不显著($p>0.05$),对牦牛酸奶的凝乳时间、酸度、持水性和感官品质影响显著($p<0.05$)。在 38~46 ℃范围内,随着发酵温度的升高,凝乳时间缩短、滴定酸度增大、持水性提高、感官品质向好;当温度达到 42~44 ℃时,酸奶的品质达到最佳,当温度再提高时,牦牛酸奶相关品质呈下降趋势。分析认为,42~44 ℃比较适合菌种的生长,菌种可迅速繁殖,并且快速产酸,使酸奶的品质达到最佳;温度继续提高不适于乳酸菌的生长和代谢物质的生成,导致酸奶品质下降。由图 3 发酵温度对牦牛酸奶品质影响的标准化评分雷达图可见,在 42~44 ℃发酵时牦牛酸奶的标准化评分高,因此建议牦牛酸奶在 43±1 ℃条件下发酵。

表 4 发酵温度对牦牛酸奶品质的影响
Table 4 Effect of different fermentation temperature on quality of yak yogurt

发酵温度/℃	凝乳时间/min	酸度/°T	黏度/(mpa·s)	持水性/%	感官评价
38	478.33±10.41 ^c	89.97±5.06 ^a	6458.33±385.51	59.36±2.41 ^{ab}	65.00±4.00 ^a
40	453.33±12.58 ^b	103.27±5.66 ^{bc}	6794.67±365.31	62.17±3.00 ^b	78.33±1.15 ^c
42	420.00±5.00 ^a	107.43±7.34 ^c	7071.33±349.52	65.23±5.06 ^b	88.00±1.73 ^d
44	446.67±11.55 ^b	108.23±6.75 ^c	7049.00±466.11	64.37±3.44 ^b	88.67±3.21 ^d
46	490.00±10.00 ^c	92.67±3.76 ^{ab}	6354.67±374.64	53.23±2.69 ^a	70.00±2.65 ^b

注:不同字母表示差异显著, $p<0.05$ 。

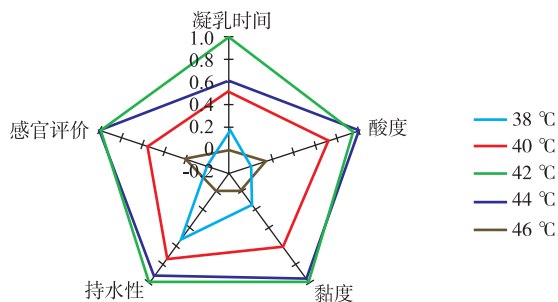


图3 发酵温度对牦牛酸奶品质影响的标准化评分雷达图
Fig. 3 Radar diagram of standardized evaluation of fermentation temperature on quality of yak yogurt

2.4 后酸化时间对牦牛酸奶品质的影响

后酸化是酸奶凝固后风味形成的过程^[17-18]。由表5后酸化对牦牛酸奶品质的影响可见,后酸化时

间对牦牛酸奶的黏度和持水性影响不显著 ($p > 0.05$),对牦牛酸奶的酸度和感官品质影响显著 ($p < 0.05$)。在0~24 h内,随着后酸化时间的延长,牦牛酸奶的酸度、黏度、持水力和感官评价指标向好;随后在24~48 h内,随着后酸化时间的延长,牦牛酸奶的酸度持续增加,但黏度、持水性、感官评价下降,这是因为在4 °C条件下,乳酸菌仍具产酸能力,使牦牛奶中的乳糖不断转化为乳酸,使酸度增加;同时由于酸度的增加,导致酸奶的口感下降,影响了牦牛酸奶的感官品质。结合图4后酸化对牦牛酸奶品质影响的标准化评分雷达图可见,在后酸化24 h后,牦牛酸奶的各项指标最好。推荐牦牛酸奶的后酸化时间为24 h。

表5 后酸化时间对牦牛酸奶品质的影响

Table 5 Effect of different post-acidification time on quality of yak yogurt

后酸化	酸度/°T	黏度/(mpa·s)	持水性/%	感官评价
0 h	80.66±4.85 ^a	6854.67±290.59	61.03±2.06	75.33±2.31 ^b
12 h	95.82±5.86 ^b	6761.33±479.22	62.83±2.35	80.00±2.65 ^c
24 h	105.67±4.51 ^c	7104.67±337.44	63.57±4.41	86.00±1.00 ^d
36 h	110.89±5.08 ^c	6815.67±506.16	62.70±4.18	69.00±3.00 ^a
48 h	114.66±4.77 ^c	6689.33±392.53	60.23±3.06	65.67±3.21 ^a

注:不同字母表示差异显著, $p < 0.05$ 。

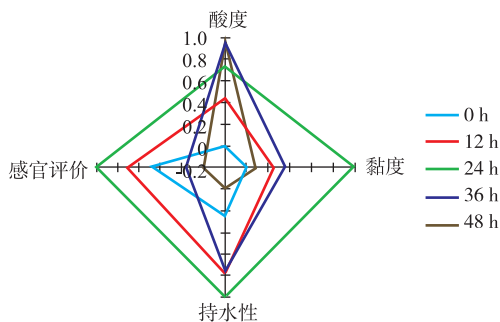


图4 后酸化对牦牛酸奶品质影响的标准化评分雷达图
Fig. 4 Radar diagram of standardized evaluation of post-acidification time on quality of yak yogurt

2.5 与现有工艺的比较

不同加工工艺生产的产品质量不同,通过比较不同工艺条件下产品质量可以确定不同工艺的差异。由表6不同工艺条件下制得的牦牛酸奶的品质可见,凝乳时间、黏度和持水性三者差异不显著 ($p > 0.05$),从数值上看,工艺1生产的牦牛酸奶在黏度和持水力上好于工艺2;酸度和感官评价差异显著 ($p < 0.05$),且表现为工艺1优于工艺2,这是因为工艺2与工艺1相比原料乳杀菌温度高、发酵温度高、后酸化时间短,使得发酵过程中乳酸菌快速大量增殖,消耗大量营养物质导致牦牛酸奶的酸度低、感官品质较差。由此可见,在工艺1条件下生产的牦牛酸奶品质好。

表6 不同加工工艺对牦牛酸奶品质的影响

Table 6 Effect of different producing technology on quality of yak yogurt

工艺	凝乳时间/min	酸度/°T	黏度/(mpa·s)	持水性/%	感官评价
工艺1	433.33±5.77	108.00±6.45 ^b	7038.00±378.72	64.37±3.44	85.33±3.21 ^b
工艺2	436.67±7.64	94.33±3.23 ^a	6694.67±385.81	60.23±2.06	70.33±2.52 ^a

注:不同字母表示差异显著, $p < 0.05$ 。

3 结 语

作者通过标准化评估法研究了牦牛酸奶加工流程中原料乳杀菌、接种体积分数、发酵温度和后酸化时间对牦牛酸奶的品质影响。结果表明,原料乳在 90 ℃/10 min 条件下杀菌,接种 0.15%的乳酸

菌,在 43±1 ℃条件下发酵,后酸化 24 h 制得的牦牛酸奶酸度适中、持水力、黏度和感官品质好。本试验仅从感官评价研究了加工工艺对牦牛酸奶品质的影响,对于加工条件对牦牛酸奶风味物质的影响没有深入研究,这将是我們下一步研究的重点。

参考文献:

- [1] 张丽. 传统发酵牦牛奶中益生乳杆菌筛选及其免疫调节功能研究[D]. 兰州:甘肃农业大学,2011.
- [2] GUO Qingquan,ZHANG Lanwei,LIN Shuying. The mechanism of fermentation of yogurt and the ways avoiding postacidification[J]. **Food and Fermentation Industries**,2001,27(2):80-83.(in Chinese)
- [3] YU Feng,XIONG Hua,LV Peilei. Study on the structure and speciality of fatty acids of yak milk[J]. **Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology**,2006,6(1):311-315.(in Chinese)
- [4] LI Hongliang,LIU Hui. Optimization technology of the production of yogurt[J]. **Modern Food Science and Technology**,2008,24(4):360-363.(in Chinese)
- [5] DAMICO D J,DONNELLY C W. Microbiological quality of raw milk used for small-scale artisan cheese production in Vermont;effect of farm characteristics and practices[J]. **International Journal of Dairy Science**,2010,93(1):134-147.
- [6] 丁武蓉. 青藏高原传统发酵牦牛奶中乳酸菌多样性及其益生功能研究[D]. 兰州:兰州大学,2014.
- [7] ZHANG Li,HUANG Caixia,SUN Baozhong,et al. Quality evaluation of different cuts of yak meat based on standardization analysis and principal component analysis[J]. **Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering**,2014,30(16):290-295.(in Chinese)
- [8] YE Chengjun. Study on fermentable character of condensation cow yogurt and yak yogurt[J]. **Food and Fermentation Industries**,2014,40(12):106-110.(in Chinese)
- [9] HASSAN A N,FRANK J F,SCHMIDT K A,et al. Textural properties of yogurt made with encapsulated nonropy lactic cultures [J]. **J Dairy Sci**,1996(79):2098-2103.
- [10] SALVADOR A,FISZMAN S M. Textural and sensory characteristics of whole and skimmed flavored set-type yogurt during long storage[J]. **Journal of Dairy Science**,2004,87(12):4033-4041.
- [11] LI Longzhu,ZHANG Fuxin,GE Ping,et al. Influence of pasteurization in the goat milk sanitary quality[J]. **Science and Technology of Food Industry**,2014,35(1):223-226.(in Chinese)
- [12] FOOK Y C,AMINAH A,MOHD K A. Bacteriological quality and safety of raw milk in Malaysia[J]. **Food Microbiology**,2004,21:535-541.
- [13] EMMANOUELIDOU D G,RAPHAELIDES S N,ANTONIOU K D. Effects of heating temperature and fat content on the structure development of set yogurt[J]. **Journal of Food Engineering**,2008,85(4):590-597.
- [14] XU Qian. Effects of different formulas of lactic acid bacteria on yogurt quality[J]. **China Brewing**,2012,31(12):75-79.(in Chinese)
- [15] NIU Yiru,DU Juan,BAI Jian. The manufacture craft of new pattern yogurt[J]. **Modern Food Science and Technology**,2005,21(2):118-120.(in Chinese)
- [16] WANG Wei,ZHAO Xinhui. Influences of fermentation temperature and ultrasonic treatment on the texture of set-style yogurt[J]. **China Dairy Industry**,2008,36(12):21-25.(in Chinese)
- [17] BEAL C,SKOKANOVA J,LATRILLE E,et al. Combined effects of culture conditions and storage time on acidification and viscosity of stirred yogurt[J]. **Journal of Dairy Science**,1999,82(4):673-681.