

乳固形物浓度

对羊奶酸奶发酵特性的影响

王攀,张富新*

(陕西师范大学食品工程与营养科学学院,陕西西安 710062)

摘要:研究了羊奶在杀菌条件 90℃/15min、蔗糖添加量 7%、菌种添加量 2% 条件下,乳固形物浓度对羊奶酸奶的发酵特性和后发酵特性的影响。结果表明:随着乳固形物浓度升高,酸奶发酵过程中产酸速度较快,粘度升高,持水性增强。在酸奶后发酵过程中,前期酸奶的酸度、粘度和持水性有一定程度的增加,但后期变化不大。

关键词:羊奶酸奶,酸度,粘度,持水性

Effect of milk solid concentration on the fermentation properties of goat's yoghurt

WANG Pan, ZHANG Fu-xin*

(College of Food Engineering and Nutritional Science, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China)

Abstract: The fermentation properties and postfermentation properties of goat milk yoghurt were studied with different milk solid concentration in the conditions of sterilization 90℃/15min, adding 7% sugar and 2% starter culture. The results showed that the acid producing rate, viscosity and water holding capacity of goat milk yoghurt were higher, with increasing milk solid concentration. During postfermentation period, the acid producing rate, viscosity and water holding capacity of goat milk yoghurt were increased in the first period, after were no significantly changes.

Key words: goat's milk yogurt; acidity; viscosity; water holding capacity

中图分类号: TS252.54

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2010)07-0154-03

羊奶富含蛋白质、脂肪、乳糖、矿物质以及多种维生素,其营养成分接近人奶,被人们视为乳类中的精品^[1-2]。由于羊奶酪蛋白胶粒和乳脂肪球较小,用其生产的酸奶风味独特、组织状态光滑细腻,深受消费者欢迎^[3]。但用羊奶生产酸奶时,易出现凝固性较差、乳清易析出等现象,从而影响酸奶的品质,这与酸奶发酵(或称前发酵)和后发酵期间酸度、粘度和持水性等发酵特性密切相关,而原料乳固形物浓度是影响其发酵特性的主要因素^[4-5]。同时羊奶的供应季节性较强,而且随泌乳期的不同羊奶的乳固形物浓度也有较大差异。因此,本文以全脂羊奶粉为原料,研究不同乳固形物浓度对羊奶酸奶发酵特性的影响,以望为羊奶酸奶产业化生产提供基础参数。

1 材料与方 法

1.1 材料与设备

脱脂奶粉 英格兰进口;全脂羊奶粉 陕西富平红星乳业有限公司生产的无抗全脂羊奶粉(出口级);蔗糖 市售白砂糖;菌种 丹尼斯克 YO-MIX883 发酵剂,由保加利亚乳杆菌(*Streptococcus*)和

嗜热乳链球菌(*Lactobacillus bulgaricus*)组成。

旋转式粘度计 NDJ-79 型 同济大学机电厂;冷冻高速离心机 3K30 型 Sigma 公司;隔水式恒温培养箱 GHX-9080B-1 型 上海福玛实验设备有限公司;电热恒温水浴锅 HH-S4 型 北京科伟永兴仪器有限公司。

1.2 酸奶的制作

1.2.1 生产发酵剂的制备 将 YO-MIX883 发酵剂在无菌条件下接种到 12% (w/w) 脱脂牛乳中,在 43℃ 发酵培养 5~6h,待乳充分凝固,酸度达到 90°T 以上时取出,在 4℃ 下贮藏备用。

1.2.2 羊奶酸奶的制作 将羊奶粉用水配成乳固形物浓度为 8%、10%、12%、14% (w/w) 的复原乳,在 4℃ 贮藏 12h 使乳蛋白充分水化后,预热到 50~60℃,添加 7% 的蔗糖,充分搅拌,使糖溶解,然后在 15MPa 下均质后,经 90℃/15min 杀菌处理,迅速冷却到 43~45℃,以 2% (w/w) 的接种量接种生产发酵剂后,在 43℃ 下发酵,待乳凝固后在 4℃ 贮藏 24h,进行后发酵。

1.3 测定方法

1.3.1 酸度的测定 按 GB5409-85 方法^[6]。用 0.1mol/L 的 NaOH 溶液滴定,酸度以°T 表示。

1.3.2 粘度的测定 采用旋转式粘度计^[7]。根据粘度范围,选用二单元 1 × 10 转子,在室温下测试,在第 30s 时记录数据,分别测量三次数据后取平均值,

收稿日期:2009-07-03 * 通讯联系人

作者简介:王攀(1983-),男,硕士研究生,研究方向:畜产品加工原理与技术。

基金项目:农业部公益性行业(农业)科研专项(3-45)。

粘度单位为 $\text{mPa} \cdot \text{s}$ 。

1.3.3 持水性的测定 采用 Hassan 的方法^[8-9]。取 15~20g 样品,在 10°C 下, $13500 \times \text{g}$ 离心 30min, 倾去上清物,使离心管保持倒置状态 10min,称量沉淀物重量,按下式计算酸奶的持水性。

$$\text{酸奶持水性}(\%) = \frac{\text{离心沉淀物重量}}{\text{样品重量}} \times 100\%$$

2 结果与讨论

2.1 乳固形物浓度对羊奶酸奶发酵酸度的影响

将全脂羊奶粉用水配成乳固形物浓度为 8%、10%、12%、14% (w/w) 的复原乳制作酸奶,在发酵第 0、1、2、3、4、5h 分别测定酸奶的发酵酸度,结果见图 1。

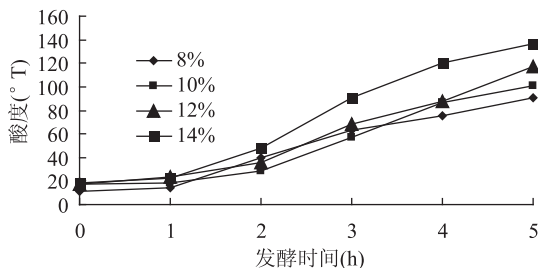


图 1 乳固形物浓度对羊奶酸奶发酵酸度的影响

由图 1 可见,用不同固形物浓度的原料乳制作的酸奶在发酵期间的酸度变化规律相似。在发酵初期(0~1h),发酵酸度无明显变化($P > 0.05$),这段时间内,乳酸菌对发酵环境有一定的适应期,繁殖速度较慢,产酸较少。发酵 1h 后酸奶酸度随发酵时间延长明显上升。当原料乳固形物浓度在 8%~12% 时,酸奶发酵期间的酸度无明显差别($P > 0.05$),然而,当原料乳浓度为 14% 时,发酵 2h 后酸奶酸度明显高于其它处理组($P < 0.01$),这可能是原料乳固形物浓度较高时,乳中乳糖浓度较高,为乳酸菌提供了充足的底物,有利于乳酸菌的生长繁殖,酸奶的产酸速度加快^[10]。

2.2 乳固形物浓度对羊奶酸奶发酵粘度的影响

将全脂羊奶粉用水配成乳固形物浓度为 8%、10%、12%、14% (w/w) 的复原乳制作酸奶,在发酵第 0、1、2、3、4、5h 分别测定酸奶的发酵粘度,结果见图 2。

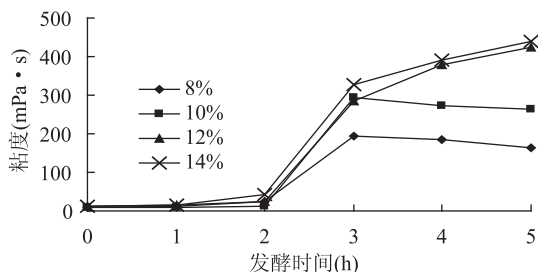


图 2 乳固形物浓度对羊奶酸奶发酵粘度的影响

由图 2 可知,用不同乳固形物浓度的复原乳生产酸奶,在发酵前 2h,酸奶粘度无明显变化($P > 0.05$),发酵 2h 后酸奶粘度迅速上升,发酵 3h 后,乳固形物浓度在 8%~10% 时,酸奶的粘度有下降的趋势,而乳固形物浓度在 12%~14% 时,酸奶粘度仍缓慢上升。在酸奶发酵初期,由于乳酸菌产酸量较少,酸奶中的酪蛋白还未充分凝固,酸奶呈较稀薄

的液态,其粘度较低,随着发酵时间延长,乳酸菌大量产酸,乳中的酪蛋白在酸的作用下开始变性,由原来的球状颗粒伸展成线性的酪蛋白分子,并凝固成网络状的凝胶状态,致使酸奶粘度上升。酸奶的粘度与原料乳固形物浓度密切关系,当乳固形物浓度较高时,乳中的酪蛋白含量较高,在发酵过程中形成的凝胶包裹水分能力也较强,酸奶粘度也较高,但当酪蛋白的含量过高时形成的凝胶较致密,其包裹水分的能力也有限。杨爱君等人^[11]也研究了酸奶固形物浓度与粘度的关系,发现酸奶的粘度随乳固形物浓度的增加而升高,当达到适当的乳固形物浓度之后,如果继续增加乳固形物浓度,酸奶的粘度并不会显著提高,这与本实验结果基本一致。

2.3 乳固形物浓度对酸奶发酵持水性的影响

将全脂羊奶粉用水配成乳固形物浓度为 8%、10%、12%、14% (w/w) 复原乳制作酸奶,在发酵 5h 时,测定酸奶的发酵持水性的变化,结果见图 3。

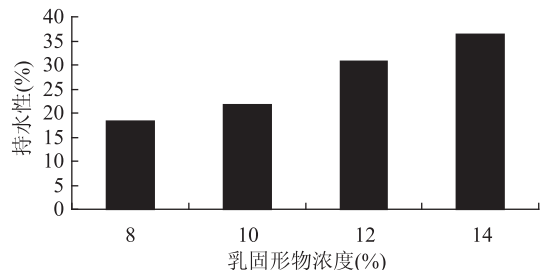


图 3 乳固形物浓度对羊奶酸奶持水性的影响

由图 3 可看出,用不同乳固形物浓度的原料乳制作酸奶,其持水性存在明显差异。随乳固体浓度的增加,酸奶持水性显著增强($P < 0.01$)。乳固形物浓度的增加导致乳中具有胶体特性的蛋白质含量相对增加,乳中的酪蛋白在酸奶发酵期间凝结形成网络结构,可封闭大量水分,同时,乳蛋白表面的活性部位可通过氢键结合大量的水分,因此通过适当提高原料乳固形物浓度,可有效提高酸奶的持水性,防止酸奶乳清析出。

2.4 乳固形物浓度对羊奶酸奶后发酵特性的影响

将全脂羊奶粉用水配成乳固形物浓度为 8%、10%、12%、14% (w/w) 复原乳制作酸奶,发酵 5h 后取出,在 4°C 下后发酵 0、6、12、18、24h,测定羊奶酸奶的酸度、粘度和持水性,结果见表 1。

由表 1 可见,用不同乳固体浓度制作的酸奶,在后发酵阶段,酸奶的酸度、粘度、持水性随后发酵时间的延长都有上升趋势,尤其在后发酵的 0~6h,酸奶的酸度、粘度、持水性上升较快,随后随着发酵时间的延长,上升幅度趋于稳定。当乳固形物浓度在 8%~12% 范围内,随乳固形物浓度的增大,酸度上升幅度逐渐增大,但乳固形物浓度达到 14% 时,酸奶酸度变化较小,在后发酵 24h 内仅上升 3.5°T ;随乳固形物浓度的增大,酸奶粘度和持水性在后发酵初期明显上升($P < 0.05$),随后变化不大($P > 0.05$)。在酸奶的后发酵期间,由于酸奶温度下降是一个逐渐降低的过程,酸奶后发酵初期温度较高,乳酸菌继续产酸导致酸度上升^[10,12];但随后发酵时间的延长,酸奶温度降低,其乳酸菌产酸能力受到抑制,酸奶酸度趋

于平稳。酸奶在后发酵过程中,酸奶凝乳微粒内部和外部产生各种各样的连接(如氢键等),使凝乳结构变得稳定,同时微粒之间的连接,使凝乳微粒变大,粘度增加;另一方面,变性的乳清蛋白在冷却过程膨润,使水分在酪蛋白网状结构中充分结合,酸奶持水性增加^[13-14]。总的来看,尽管乳固形物浓度较高时,酸奶后发酵的初始酸度、粘度和持水性均较高,但随着酸奶后发酵过程中温度的降低,酸奶的酸度、粘度和持水性变化不大,尤其是乳固形物浓度大于12%时更加明显。

表1 乳固形物浓度对羊奶酸奶后发酵特性的影响

| 测定指标 | 后发酵时间(h) | 乳固形物浓度(%) | | | |
|-----------|----------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | 8 | 10 | 12 | 14 |
| 酸度(°T) | 0 | 90.4 ^a | 100.9 ^a | 117.5 ^a | 137.0 ^a |
| | 6 | 94.9 ^b | 105.7 ^b | 125.0 ^b | 138.5 ^a |
| | 12 | 96.1 ^c | 107.3 ^c | 128.6 ^c | 139.3 ^b |
| | 18 | 97.2 ^c | 108.1 ^c | 131.5 ^d | 139.8 ^b |
| | 24 | 97.7 ^c | 109.4 ^c | 133.8 ^d | 140.5 ^b |
| 粘度(mPa·s) | 0 | 165 ^a | 265 ^a | 425 ^a | 430 ^a |
| | 6 | 175 ^b | 287 ^b | 435 ^b | 450 ^b |
| | 12 | 178 ^b | 293 ^b | 430 ^c | 445 ^b |
| | 18 | 180 ^b | 297 ^b | 435 ^c | 450 ^b |
| | 24 | 180 ^b | 300 ^b | 437 ^c | 455 ^c |
| 持水性(%) | 0 | 18.2 ^a | 21.6 ^a | 30.7 ^a | 35.2 ^a |
| | 6 | 19.4 ^b | 22.2 ^b | 31.0 ^b | 36.0 ^a |
| | 12 | 19.6 ^b | 22.6 ^b | 31.5 ^b | 36.3 ^a |
| | 18 | 19.8 ^b | 22.7 ^b | 31.5 ^b | 35.8 ^a |
| | 24 | 19.9 ^b | 22.8 ^b | 31.7 ^b | 35.8 ^a |

注:不同字母表示差异显著。

3 结论

在羊奶酸奶生产中,原料乳固形物浓度对酸奶的质量品质有重要的影响,乳固形物浓度越高,酸奶发酵过程中产酸速度加快、粘度升高、持水性增强。在酸奶后发酵期间,乳固形物浓度在12%以上时,酸奶中乳酸菌产酸能力受到抑制,酸奶的粘度和持水

性保持稳定。因此,在实际生产中,选用乳固形物浓度高于12%的原料乳生产酸奶,有利于提高羊奶酸奶的品质。

参考文献

- [1] 石永胜,陈集燕.羊奶的营养价值与奶山羊的饲养[J].广西畜牧兽医,2005(5):213-214.
- [2] Haenlein G F W. Goat milk in human nutrition[J]. Small Ruminant Research,2004(51):155-163.
- [3] 张富新.羊奶酸奶加工技术的研究[J].食品科学,2002(2):75-77.
- [4] 彭春艳.乳中干物质对酸奶品质的影响[J].郑州牧专学报,1993(1):51.
- [5] 高一勇.不同乳营养成分和固形物含量对酸奶发酵的影响[J].中国乳品工业,2007(6):38-41.
- [6] GB5409-85.牛乳检验方法[S].北京:国家标准局.
- [7] Farnsworth J P, Hendricks G M, Guo M R, et al. Effects of transglutaminase treatment on functional properties and probiotic culture survivability of goat milk yogurt[J]. Small Ruminant Research,2006(65):113-121.
- [8] 李全阳,夏文.酸乳质量综合评价体系探讨[J].中国乳品工业,2003(6):29-33.
- [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] 杨起恒.乳酸菌发酵机理及酸奶工艺优化研究[D].中国农业大学,2005.
- [11] 杨爱君,放培生,余保宁,等.影响发酵酸奶粘度的因素及控制[J].现代食品科技,2001(4):45-47.
- [12] 郭清泉.酸奶制品在贮存过程发生后酸化的机理及控制措施的研究[D].东北农业大学,2001.
- [13] 王微.凝固性原味酸奶质地及微观结构的研究[D].东北农业大学,2007.
- [14] 刘佰衢.酸奶发酵菌株的生物学特性研究[D].河北农业大学,2007.

(上接第149页)

- [3] Sun CP. Introduction to Radical Biology[M]. Hefei: Chinese University of Science and Technology Press,1999:236.
- [4] 赵克默.氧自由基与临床[M].北京:中国医药科技出版社,2000.
- [5] Morenno SC, Larrauri JA, Calixto SF. A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols[J]. J Sci Food Agric, 1998,76:270-276.
- [6] Williams BW, Cuvelier ME, Berset C. Use of a free radical

(上接第153页)

- 食品科技,2007(11):20-23.
- [2] 张雪梅,蒲彪.腐乳的研究概况与发展前景[J].食品发酵与工业,2005,31(5):94-97.
- [3] 李慧,牟光庆,李霞.腐乳挥发性成分的研究[J].中国酿造,2008(23):1-4.
- [4] CHUNG H Y. Volatile components in fermented soybean (*Glycine max*) curds[J]. J Agric Food Chem,1999,47(7):2690-2696.
- [5] CHUNG H Y. Volatile flavor components in red fermented

method to evaluate antioxidant activity[J]. Lebensm - Wiss U - Technol,1995,28:25-30.

- [7] Bondet V, Williams BW, Berset C. Kinetics and Mechanisms of Antioxidant Activity using the DPPH Free Radical Method[J]. Lebensm - Wiss U - Technol,1997,30:609-615.
- [8] Qian J-Y, Liu D, Huang A-G. The efficiency of flavonoids in polar extracts of *Lycium chinense* Mill fruits as free radical scavenger[J]. Food Chemistry,2004,87:283-288.

soybean (*Glycine max*) curds[J]. J Agric Food Chem,2000,48(5):1803-1809.

- [6] HAU YIN CHUNG, PUI KWAN FUNG, JOO - SHIN KIM. Aroma Impact Components in Commercial Plain Sufu[J]. J Agric Food Chem,2005,53(5):1684-1691.
- [7] Chyong - Hsyuan Hwan, Cheng - Chun Chou. Volatile components of the Chinese fermented soya bean curd as affected by the addition of ethanol in aging solution[J]. J Sci Food Agric, 1999,79(2):243-248.