

乳酸菌在慕斯中的生长特性研究

王娜, 华蕾, 周文娟, 顾瑞霞, 陈霞*

(扬州大学 江苏省乳品生物技术与安全控制重点实验室, 江苏 扬州 225127)

摘要: 慕斯是深受人们喜爱的一类低温乳制品。在慕斯中添加益生菌不仅可以增加产品的营养和功能特性, 同时还赋予了产品更高的商业价值。但慕斯基质中的高氧、高渗透压和低 pH 常常会对益生菌的生长产生一定的胁迫作用。本文研究了 5 株乳酸菌的发酵性能及其在慕斯基质中的生长特性, 以及对慕斯的感官品质和贮藏稳定性的影响。结果表明: 5 株乳酸菌的凝乳时间在 5.5~9.0 h, 其中 *Streptococcus thermophilus* grx02 和 *Lactobacillus fermentum* V9 的凝乳时间较短, 分别为 5.5 h 和 6 h; 5 株益生菌发酵乳在凝乳时的 pH 较接近, 但凝乳酸度存在显著差异, 其中 *L. fermentum* V9 和 *S. thermophilus* 937 凝乳酸度显著高于其他乳酸菌, 分别为 86.14^{°T} 和 80.19^{°T}; 5 株菌的活菌数均超过了 8.52 log cfu mL⁻¹。用上述 5 种乳酸菌发酵乳制作益生菌慕斯, 在 4^{°C} 贮藏 7d 期间, 5 组慕斯样品的 pH 均缓慢降低, 活菌数均保持在 7.0 log cfu g⁻¹ 以上, 其中 *L. fermentum* V9 和 *S. thermophilus* grx02 制备的慕斯在保存期内酸度较稳定, 感官评分较高。综合上述结果, 选择 *L. fermentum* V9 和 *S. thermophilus* grx02 作为益生菌慕斯的发酵剂为佳。

关键词: 发酵乳; 益生菌; 慕斯; 品质

中图分类号: TS 972.123.6

文献标识码: A

文章编号: 2095-8730(2017)04-0060-05

益生菌是指摄入一定量时会对人体健康产生益处的微生物。^[1] 益生菌能够改善人体肠道微生物菌群的平衡, 增强机体免疫力, 降低胆固醇水平, 缓解乳糖不耐症以及抑制肿瘤细胞的形成等。随着人们健康意识的不断增强, 益生菌功能食品日益受到消费者的广泛青睐。益生菌甜点作为一种新型的功能性食品, 由于其良好的风味和口感、较高的营养价值和益生功能, 受到了不同年龄消费者的广泛欢迎。^[2]

慕斯(mousse)是一种以牛奶为基础的奶冻式甜点, 其成分主要包括以下三部分: 一是打发的淡奶油或蛋清, 可以改善慕斯的口感和组织状态; 二是用于增稠和提高产品的稳定性的成分, 如明胶、吉利丁片、巧克力或蛋黄等; 三是用于改善产品风味的物质, 如巧克力、果汁、酸奶和抹茶粉等。慕斯口感细腻爽滑、口味纯真自然, 是深受消费者喜爱的一类甜点产品。慕斯营养丰富, 且需要冷冻或冷藏保存, 是适宜益生菌生存的良好载体。Buriti 等^[3] 研究了将 *Lactobacillus acidophilus* La-

5 添加到番石榴慕斯中的生长情况, 发现在 28 d 冷藏保存期间产品中的活菌数始终保持在 10⁶ cfu g⁻¹ 以上。Aragon alegro 等^[4] 研究了将 *Lactobacillus paracasei* subsp. *paracasei* LBC 82 添加到巧克力慕斯中的活性变化, 在 28 d 冷藏保存期间产品的活菌数保持在 7.30 log cfu g⁻¹ 以上。通过在慕斯产品中添加益生菌, 不仅赋予了产品良好功能特性, 同时还改善产品的风味和口感。但慕斯基质中的高氧含量、高渗透压和低 pH 等因素都会对益生菌的生长产生一定的影响, 且不同的益生菌对上述的耐受能力也会不同, 因此有必要开展乳酸菌在慕斯基质中的生长特性研究。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

乳酸菌菌种: 发酵乳杆菌 V9 (*L. fermentum* V9)、嗜热链球菌 grx02 (*S. thermophilus* grx02)、嗜酸乳杆菌 grx95 (*L. acidophilus* grx95)、鼠李糖乳杆菌 grx19 (*L. rhamnosus* grx19)、嗜热链球菌

收稿日期: 2017-07-10 * 通讯作者

基金项目: 江苏省高校自然科学研究重大项目(16KJA550002); 国家自然科学基金青年基金项目(31201393)

作者简介: 王娜(1993-), 女, 河北邢台人, 扬州大学食品科学与工程学院硕士研究生, 从事营养与食品卫生学研究;

陈霞(1976-), 女, 新疆奇台人, 扬州大学食品科学与工程学院副教授, 博士, 从事乳品科学研究。

937(*S. thermophilus* 937) 由江苏省乳品生物技术与安全控制重点实验室提供; 淡奶油: 青岛雀巢有限公司; 蒙牛纯牛奶、绵白糖: 市售; 麦芽糖: 桂林香老太食品有限公司; 吉利丁片: 百利牌明胶片意大利产。

1.2 仪器与设备

SW - CJ - 1F 型单人双面工作净化台: 苏州净化设备有限公司; SPX - 250B 型生化培养箱: 上海跃进医疗器械厂; JF - SX - 500 全自动灭菌锅: 日本 TOMY 公司; Phs - 25 型数显 pH 计: 上海精密科学仪器有限公司。

1.3 方法

1.3.1 乳酸菌发酵剂的制备

将各菌株接种到 MRS 液体培养基中, 于 37℃ 条件下培养, 活化 2 ~ 3 次, 直至恢复活力。分别把供试菌种以 3% 接种量接种于灭菌脱脂乳中, 42℃ 培养直至凝固。

1.3.2 发酵乳的制备

原料(质量分数为 12% 全脂乳粉、7% 糖) → 水合 → 均质 → 杀菌 → 迅速冷却 → 接种 → 42℃ 发酵培养 → 冷藏后熟(4℃) → 成品

1.3.3 益生菌慕斯的制备

慕斯工艺流程:

软化吉利丁 → 打发淡奶油 → 称量麦芽糖、绵白糖、牛奶和蛋黄 → 水浴加热 → 冷却后加入吉利丁和发酵乳 → 加入淡奶油搅拌 → 装模 → 冷藏或冷冻 → 成品。其配方见表 1。

表 1 益生菌慕斯基础配方表

原 料	质量(g)	原 料	质量(g)
酸 奶	100	牛 奶	40
淡奶油	60	蛋 黄	16
麦芽糖	20	绵白糖	5
吉利丁	5		

1.3.4 理化指标测定

pH 值的测定: 采用精密 pH 计于室温下测定试样 pH; 酸度的测定: 按照 GB 5009. 239 - 2016 方法进行测定; [5] 乳酸菌活菌数的测定: 按照 GB 4789. 35 - 2010 利用平板计数法对样品中活菌数进行测定。[6]

1.3.5 慕斯感官评价

由 10 名接受过食品感官分析培训的人员对

样品的色泽、口感、风味和组织状态进行感官评价, 评价标准见表 2。

表 2 感官评分表

项目	满分	评分标准	得分
色泽	20	颜色均匀	17 ~ 20 分
		颜色不均匀, 但无明显色差	12 ~ 16 分
		颜色不均匀, 有明显色差	1 ~ 11 分
口感	30	口感细腻、爽滑、无冰渣	26 ~ 30 分
		口感细腻、不爽滑、有少许冰渣	15 ~ 25 分
		口感不细腻、不爽滑、有大量冰渣	1 ~ 14 分
风味	20	具有酸奶的香气, 无异味	17 ~ 20 分
		酸奶香味淡, 有奶香味	12 ~ 16 分
		酸味较淡, 有异味	1 ~ 11 分
组织状态	30	表面光滑, 组织均匀, 无孔洞	26 ~ 30 分
		表面有气孔, 组织均匀, 少许孔洞	15 ~ 25 分
		表面有裂纹, 组织不均匀, 孔洞较多	1 ~ 14 分
总分	100		

2 结果与分析

2.1 5 株乳酸菌的发酵性能比较

凝乳性能是乳酸菌发酵的重要指标, 主要包括凝乳时间、凝乳 pH 和凝乳酸度。将 5 株乳酸菌按 4% 的接种量分别接种于牛乳中, 42℃ 培养至凝乳, 记录其凝乳时间, 并测定发酵乳的 pH、酸度和活菌数, 每组数据测三次, 取平均值, 结果见表 3。

表 3 5 种发酵乳性能的比较

菌株	凝乳时间 (h)	pH	酸度 (°T)	活菌数 (log cfu/mL)
V9	6.00 ±	4.67 ±	86.14 ±	9.47 ±
	0.07 ^d	0.65 ^a	0.44 ^a	0.01 ^a
grx02	5.50 ±	4.40 ±	65.68 ±	8.52 ±
	0.71 ^d	0.00 ^a	1.02 ^c	0.03 ^d
grx95	8.00 ±	4.74 ±	64.95 ±	9.08 ±
	0.21 ^b	0.03 ^a	2.24 ^d	0.07 ^b
grx19	9.00 ±	4.57 ±	62.13 ±	8.99 ±
	0.35 ^a	0.05 ^a	1.05 ^d	0.01 ^c
937	7.00 ±	4.55 ±	80.19 ±	9.00 ±
	0.35 ^c	0.03 ^a	0.73 ^b	0.01 ^c

注: 同列数据肩标小写字母完全不同的, 表示差异显著 (P < 0.05) 有任何相同小写字母或无字母的表示差异不显著 (P > 0.05)。下表同。

由表 3 可知, 5 株乳酸菌的凝乳时间在 5.5 ~

9 h,其中 *S. thermophilus* grx02 和 *L. fermentum* V9 的凝乳时间显著短于其他乳酸菌,分别为 5.5h 和 6h;5 株乳酸菌在凝乳时的 pH 较接近,在 4.40 ~ 4.74;5 株乳酸菌在凝乳时滴定酸度存在显著性差异,其中 *L. fermentum* V9 和 *S. thermophilus* 937 凝乳酸度显著高于其他三株菌,分别为 86.14°T 和 80.19°T;在凝乳时 5 株乳酸菌的活菌数均较高,都超过了 $8.52 \log \text{cfu mL}^{-1}$ 。

2.2 慕斯的贮藏稳定性

慕斯的贮藏期稳定性决定了产品货架期的长短,通过测定慕斯的 pH、滴定酸度、活菌数等指标进行综合评定,研究不同乳酸菌对益生菌慕斯贮藏期间稳定性的影响。

2.2.1 贮藏期间慕斯 pH 的变化

将 5 株乳酸菌制备的益生菌慕斯在 4°C 贮藏 7d,分别测定 1d、3d、5d 和 7d 时的 pH 值,结果如图 1 所示。

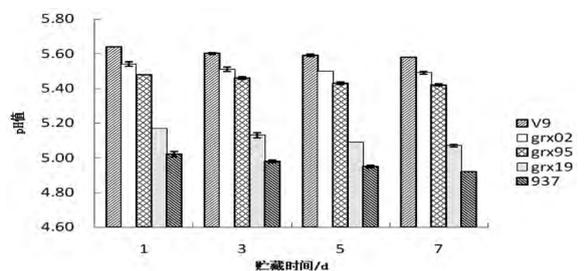


图 1 贮藏期间慕斯 pH 的变化

益生菌慕斯在贮藏期间 pH 大幅度下降将会直接影响产品的风味,所以应尽量筛选 pH 变化相对较小的菌株或者与其他菌株复配尝试减弱后酸化程度。由图 1 可以看出,在 4°C 贮藏 7d 期间,5 株乳酸菌制备的益生菌慕斯样品的 pH 值均呈缓慢下降趋势,但降低的幅度均较小。pH 值的降低是由于乳酸菌发酵乳糖产酸所致,但慕斯原料中的磷酸盐、蛋白质、柠檬酸盐及碳酸盐等物质会对产品的 pH 起到一定的缓冲作用,使得慕斯在冷藏期间 pH 较平稳。其中 V9 制备的慕斯贮藏期内 pH 在 5.60 左右,grx02 制备的慕斯 pH 在 5.50 左右,且在整个贮藏期较稳定。

2.2.2 贮藏期间慕斯酸度的变化

滴定酸度反映了益生菌慕斯中包括游离氨基酸残基和肽段在内的所有酸性基团的总和,^[7]且滴定酸度的高低会直接影响到慕斯的风味、组织状态、保质期和活菌数等。^[8-9]由图 2 可以看出,在 4°C 贮藏 7d 期间,五种益生菌慕斯的酸度都随

着时间的延长呈上升趋势,这是因为乳酸菌继续分解慕斯中的残存的乳糖、半乳糖、葡萄糖产生乳酸,从而使得慕斯的酸度进一步升高,^[10]这也是慕斯 pH 值不断下降的原因。利用 *S. thermophilus* 937 和 *L. rhamnosus* grx19 发酵乳制备的慕斯的酸度较高,且酸度增幅较大,分别为 11.33°T 和 9.12°T,这与菌株在冷藏期间的后酸化能力有关。慕斯酸度的升高会影响到产品的风味、组织状态等,后酸化程度严重的不利于产品的质量。其他三株菌生产的慕斯酸度较低,且在 7 天冷藏期间升幅较小,说明它们的后酸化较弱,适合慕斯的制作。

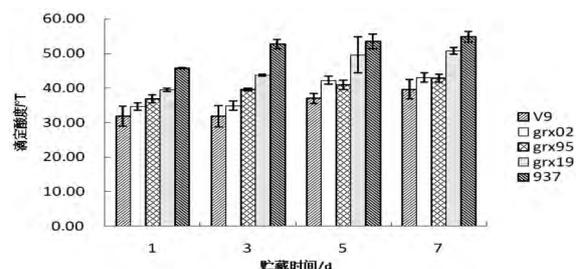


图 2 贮藏期间慕斯酸度的变化

2.2.3 贮藏期间慕斯活菌数的变化

益生菌在人体内发挥益生功能的前提条件是其在人体肠道内存活和增殖,且必须达到足够多的数量,所以益生菌慕斯在贮藏期内是否含有一定数量的活菌数是衡量该产品质量的一项重要指标。为了发挥益生菌对人体的有益作用,在食品指定的保质期内其活菌数应该高于 $6 \log \text{cfu g}^{-1}$,以达到足够的剂量 ($6 \sim 9 \log \text{cfu g}^{-1}$ 活菌)。^[11]Helland 等^[12]利用四株乳酸菌生产布丁,产品活菌数达到 $8 \sim 9.1 \log \text{cfu g}^{-1}$,由表 4 可知,贮藏期内,各菌株制备的益生菌慕斯活菌数都保持在 $7 \log \text{cfu g}^{-1}$ 以上,说明益生菌慕斯是适宜乳酸菌生长的良好基质。

此外,由表 4 还可以看出,5 种益生菌慕斯的活菌数都随着贮存天数的增加而减少,这可能是由于慕斯中添加了打发的淡奶油,增加了慕斯中的氧含量,分子氧的存在会抑制乳酸菌的生长;^[13]也可能是因为慕斯中添加了较多的糖,造成的高渗透压对乳酸菌产生了胁迫作用;另外随着贮存时间的延长,活菌代谢产物进一步使慕斯的酸度升高,菌体生长受到其代谢产物的抑制,同时菌体老化、死亡数增多,也会使益生菌菌数逐渐降低。Buriti 等^[14]研究发现在牛奶慕斯中添加浓

缩番石榴果汁和番石榴果肉会抑制嗜酸乳杆菌 La-5 的生长。Bolduc 等^[15] 研究发现益生菌产品中的氧会对双歧杆菌生长产生显著抑制作用。本研究中 5 种益生菌慕斯的活菌数始终保持在 $7 \log \text{cfu g}^{-1}$ 水平以上,均达到国家标准中活菌数大于 10^6cfu g^{-1} 的要求。

表 4 贮藏期间慕斯活菌数的变化

菌株	时间(d)			
	1	3	5	7
V9	8.62 ± 0.04 ^a	8.51 ± 0.04 ^a	8.50 ± 0.03 ^a	8.48 ± 0.01 ^b
	8.06 ± 0.05 ^c	8.05 ± 0.02 ^c	8.01 ± 0.01 ^c	7.88 ± 0.01 ^c
grx02	8.69 ± 0.03 ^a	8.54 ± 0.01 ^a	8.50 ± 0.01 ^a	8.24 ± 0.00 ^a
	8.45 ± 0.12 ^b	8.41 ± 0.05 ^b	8.35 ± 0.04 ^b	8.31 ± 0.08 ^b
grx95	8.05 ± 0.01 ^c	8.02 ± 0.00 ^c	7.95 ± 0.00 ^d	7.89 ± 0.07 ^c
grx19				
937				

2.3 慕斯样品的感官评价

5 种慕斯在 4℃ 贮藏 7d 的感官得分见表 5。

表 5 5 种慕斯的感官得分

菌株	时间(d)	色泽	口感	风味	组织状态	总分
V9	1	19	27	15.4	26.8	88.2
	3	19.1	27	15.3	26.5	87.9
	5	18.5	26.5	15.1	26.2	86.3
	7	18	25.5	15	25.7	84.2
grx02	1	18.1	27.1	17.7	26.1	89.0
	3	18	27	17.5	26	88.5
	5	17.4	26	17	25.3	85.7
	7	18.2	26.7	15.6	25.1	85.6
grx95	1	19.1	26.2	15.3	26.4	87.0
	3	19	26	15	26	86.0
	5	18.5	25	14.5	25.5	83.5
	7	18	26	15.2	24	83.2
grx19	1	18.7	25.3	16.2	26.9	87.1
	3	18.5	25	16	26.5	86.0
	5	17.9	24.5	15.5	26	83.9
	7	18	20.5	16	24	78.5
937	1	18.2	23.8	17.4	25.7	85.1
	3	18	23.6	17	25.5	84.1
	5	17.6	23.6	14.5	24.1	79.8
	7	18	20.1	14.1	24	76.2

由表 5 可以看出,其中由 *S. thermophilus* grx02 发酵剂制备的慕斯感官分析结果较好,感官得分为 89.0 分,其次是 *L. fermentum* V9 发酵剂制备的慕斯,感官得分为 88.2 分,937 制备的慕斯感官评分最低,为 85.1 分。在 4℃ 贮藏 7d 期间,产品的色泽和组织状态的变化不大,但风味和组织状态的得分略有降低,这可能是因为乳酸菌继续产酸,导致产品的酸味增强,影响了产品的整体感官评分。而 *S. thermophilus* grx02 和 *L. fermentum* V9 制备的慕斯在储藏 7 天期间的感官评分相对较高。在 4℃ 贮藏的益生菌慕斯,由于菌株保持了较高的活性,因此建议尽早食用。

3 结论

将 5 株乳酸菌分别以 3.0% (V/V) 接种到复原乳中,42℃ 发酵至凝乳,测得的凝乳时间在 5.5~9h,其中 *S. thermophilus* grx02 和 *L. fermentum* V9 的凝乳时间较短,分别为 5.5h 和 6h; 5 株菌的 pH 较接近,在 4.40~4.74; *L. fermentum* V9 和 *S. thermophilus* 937 凝乳酸度较高,分别为 86.14°T 和 80.19°T,其他三株菌在 62.13~65.68°T; 5 株菌的活菌数均超过了 $8.52 \log \text{cfu mL}^{-1}$ 。用上述 5 株菌制备的发酵乳分别制作益生菌慕斯,在 4℃ 贮藏 7d 期间,5 组慕斯样品的活菌数均保持在 $7.0 \log \text{cfu g}^{-1}$ 以上,其中 *L. fermentum* V9 和 *S. thermophilus* grx02 制备的慕斯活菌数的降低幅度较小; 5 组样品的 pH 均缓慢降低,酸度略有增加,感官评分较高且在保存期内较稳定的是 *L. fermentum* V9 和 *S. thermophilus* grx02。综合上述指标,选择 *L. fermentum* V9 和 *S. thermophilus* grx02 作为益生菌慕斯的发酵剂。

参考文献:

- [1] Saarela M H. 18 - Probiotic functional foods [J]. *Functional Foods*, 2011 (3): 425 - 448.
- [2] 陈霞,王娜,包一枫,等. 益生菌乳制甜点的开发与研究现状 [J]. *美食研究* 2017, 34(2): 47 - 52.
- [3] Burity F C, Castro I A, Saad S M. Viability of *Lactobacillus acidophilus* in synbiotic guava mousses and its survival under in vitro simulated gastrointestinal conditions [J]. *International Journal of Food Microbiology*, 2010, 137(2-3): 121 - 129.
- [4] Aragonalegro L C, Jha A, Cardarelli H R, et al. Potentially probiotic and synbiotic chocolate mousse [J].

- LWT – Food Science and Technology ,2007 40(4) : 669 – 675.
- [5] 中华人民共和国卫生部. GB 5009. 239 – 2016 食品安全国家标准[S]. 北京: 中国标准出版社 2016.
- [6] 中华人民共和国卫生部. GB 4789. 35 – 2010 食品安全国家标准[S]. 北京: 中国标准出版社 2010.
- [7] 张延超. 具有益生特性发酵乳杆菌的筛选及其在豆乳中的发酵特性研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学 2009.
- [8] Ongol M P , Sawatari Y , Ebina Y , et al. Yoghurt fermented by *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* H + – ATPase – defective mutants exhibits enhanced viability of *Bifidobacterium breve* during storage[J]. *International Journal of Food Microbiology* , 2007 ,116(3) : 358 – 366.
- [9] Shah N P. Probiotic Bacteria: Selective Enumeration and Survival in Dairy Foods [J]. *Journal of Dairy Science* , 2000 83(4) : 894.
- [10] 季莎, 马成杰, 徐志平, 等. 不同发酵特性的嗜热链球菌与保加利亚乳杆菌共发酵的特性[J]. *食品科学* 2015 36(15) : 123 – 127.
- [11] Ostlie H M , Treimo J , Narvhus J A. Effect of temperature on growth and metabolism of probiotic bacteria in milk [J]. *International Dairy Journal* , 2005 ,15(10) : 989 – 997.
- [12] Helland M H , Wicklund T , Narvhus J A. Growth and metabolism of selected strains of probiotic bacteria in milk – and water – based cereal puddings [J]. *International Dairy Journal* , 2004 ,14: 957 – 965.
- [13] Fernandes M S , Cruz A G , Arroyo D M D , et al. On the behavior of *Listeria innocua* , and *Lactobacillus acidophilus* co – inoculated in a dairy dessert and the potential impacts on food safety and product’s functionality [J] . *Food control* , 2013 34(2) : 331 – 335.
- [14] Buriti F C A , Komatsu T R , Saad S M I. Activity of passion fruit (*Passiflora edulis*) and guava (*Psidium guajava*) pulps on *Lactobacillus acidophilus* in refrigerated mousses [J]. *Brazilian Journal of Microbiology* , 2007 38(38) : 315 – 317.
- [15] Bolduc M P , Raymond Y , Fustier P , et al. Sensitivity of bifidobacteria to oxygen and redox potential in non – fermented pasteurized milk [J]. *International Dairy Journal* , 2006 ,16(9) : 1038 – 1048.

A study on growth characteristics of lactic acid bacteria in probiotic mousse

WANG Na , HUA Lei , ZHOU Wenjuan , GU Ruixia , CHEN Xia

(Key Laboratory of Dairy Biotechnology and Safety Control of Jiangsu Province ,
Yangzhou University , Yangzhou , Jiangsu 225127 , China)

Abstract: Mousse is a popular type of chilled dairy dessert. Adding probiotics in mousse not only increased the nutritional and functional properties but also enhanced the commercial value of the product. However , hyperoxia , hyperosmotic and low pH in mousse often affect the viability of probiotics. The fermentation properties of five lactic acid bacteria and their growth characteristics as well as sensory characteristics and storage stability of mousse were studied. The results showed that the coagulating time of 5 strains of lactic acid bacteria was 5.5 – 9 h. The pH of 5 probiotics were similar , but there was significant difference in the curd acidity , the acidity of *L. fermentum* V9 and *S. thermophiles* 937 was significantly higher than the others , which were 86.14 °T and 80.19 °T respectively. The viable cell counts of 5 strains all exceeded $8.52 \log \text{cfu mL}^{-1}$. The pH of the probiotic mousse prepared with the five lactic acid bacteria decreased slowly and the viable count all remained above $7.0 \log \text{cfu g}^{-1}$ during the 7 days storage at 4 °C. *L. fermentum* V9 and *S. thermophilus* grx02 were more stable and had higher sensory scores during storage , they were suitable for probiotic mousse production.

Key words: fermented milk; probiotics; mousse; quality

(责任编辑: 赵 勇)