

贮存条件对白牦牛乳硬质干酪质构特性的影响

刘兴龙¹, 杨洁¹, 赵旺²

(1. 酒泉职业技术学院旅游与烹饪学院, 甘肃 酒泉 735000; 2. 甘肃丝路颐方食品有限公司, 甘肃 酒泉 735000)

摘要: 以白牦牛乳为试材, 研究了不同贮存时间和贮存条件对牦牛乳硬质干酪质构性质和感官特性的影响。结果表明, 贮存期白牦牛乳干酪的蛋白质水解程度不断增加, 蛋白质网孔结构变化的同时其质构也发生变化。通过对干酪在贮存期内的咀嚼性、粘聚性、胶粘性等质构性质参数进行测定分析可得, 干酪的硬度在 5 ℃和 15 ℃贮存温度下有极显著差异($P<0.01$), 咀嚼性在贮存 90 d 与 60 d、150 d 的咀嚼性具有显著性差异($P<0.05$), 胶粘性在不同贮存期以及温度都具有显著性差异($P<0.05$), 而粘着性、弹性、粘聚性在不同贮存期以及温度下无显著性差异($P<0.05$)。综合分析及感官评价得出, 牦牛乳硬质干酪最佳贮存时间为 90 d, 最佳贮存温度为 10 ℃, 适口性最佳, 有良好的风味和口感。

关键词: 白牦牛乳; 硬质奶酪; 质构; 感官评价

中图分类号: TS225 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2021)07-0067-08

doi: 10.3969/j.issn.1001-1463.2021.07.014

Effects of Storage Conditions on Tructure Character of Hard Cheese Made from White Yak Milk

LIU Xinglong¹, YANG Jie¹, ZHAO Wang²

(1. Jiuquan Vocational and Technical College of Tourism and Cuisine, Jiuquan Gansu 735000, China; 2. Gansu Siluyifang Food Co., Ltd, Jiuquan Gansu 735000, China)

Abstract: The effects of different storage time and storage conditions on the texture and sensory properties of white yak milk hard cheese were studied using white yak milk as raw material. The results showed that the degree of protein hydrolysis of white yak cheese during the storage period continued to increase, and the texture of white yak milk cheese also changed with the change of protein mesh structure. Through measured the texture such as the chewiness, cohesiveness, and stickiness of the cheese during the storage period, and comparative analysis shows that the hardness of cheese was extremely significant at 5 ℃ and 15 ℃ storage temperature($P<0.01$), the chewiness of cheese stored for 90 days was significantly different from that stored for 60 days and 150 days($P<0.05$), the stickiness of cheese had significant differences in different storage periods and temperatures($P<0.05$), however, there were no significant differences with adhesion, elasticity and cohesiveness under different storage periods and temperatures($P<0.05$). Combined with sensory evaluation, the optimal ripening time of yak milk hard cheese was 90 days, the optimal storage temperature was 10 ℃, the palatability was the best, and it had better flavor and taste.

Key words: White yak milk; Hard cheese; Texture; Sensory value

干酪成熟指在一定条件下干酪中所含的脂肪、蛋白质及碳水化合物在微生物和酶的作用下分解并发生某些生化反应, 形成干酪的特有风味、质地和组织状态的过程^[1]。干

收稿日期: 2021-03-18

基金项目: 酒泉市科技支撑计划项目(2060402); 2020年甘肃省高等学校创新基金项目(2020A-289)。

作者简介: 刘兴龙(1983—), 男, 甘肃敦煌人, 讲师, 硕士, 研究方向为食品科学与工程。

Email: lx1200277@163.com。

酪成熟包括3个主要的生化反应,即蛋白水解、脂肪水解和糖酵解。而贮藏期作为成熟期的延续,干酪仍然发生理化、流变学的变化^[2]。干酪的成熟过程实际上主要是干酪中蛋白质和脂肪等物质在微生物来源的酶和凝乳酶的作用下分解的过程,蛋白质和脂肪的水解可以使干酪具有特有的质构,产生特殊风味物质,蛋白质的水解程度可以反应出干酪成熟度^[3-4]。同时,干酪质构可反应不同成熟度干酪蛋白质水解度,也可被看作是由于外界物理性质的共同作用得到的复合感官性质,它通常可以通过触觉和视觉来感知^[5-6]。影响干酪质地的因素主要有水分含量、蛋白质降解程度、脂肪水解、机械、几何等因素。干酪的质构主要表现为干酪的机械性质和几何性质。机械性质主要通过使用过程(如在手指间挤压,手工切割以及磨碎)中的变化而表现,机械性质主要包括硬度、黏度、黏性、弹性、咀嚼性、脆性和胶性^[7-8]。干酪的几何性质可通过食用过程中由于牙齿、舌头、上颚施加于其上的压力来表现^[9]。几何性质包括分装尺寸、形状和食物中的组织状态,它们主要通过干酪的视觉性质来显现,几何性质很大程度上可以影响干酪的机械性质。其他一些影响干酪质地的性质包括多脂性、油腻性、多汁性以及干酪中脂肪和湿度有关的润滑口感等^[10-11]。目前,国内把干酪的不同贮存时间与其质构和感官评价联系起来的研究很少见。我们以白牦牛乳为原料,制备出具有独特风味的白牦牛乳干酪,研究了不同贮存时间和温度对牦牛乳硬质干酪质构性质和感官特性的影响,以期研究不同贮存条件下白牦牛乳硬质干酪质构特性提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料 供试新鲜白牦牛乳采自天祝藏

族自治县抓喜秀龙乡,乳酸菌发酵剂(保加利亚乳杆菌、嗜热链球菌)、小牛皱胃酶均为上海阿敏生物技术有限公司生产,其他试剂均为市售国产分析纯或化学纯。

1.1.2 仪器与设备 CS101-A型电热鼓风干燥箱(重庆试验设备厂),HG303-4电热恒温培养箱(南京腾飞试验仪器有限公司),HH-S26S数显恒温水浴锅(金坛市环保仪器厂),AL104电子天平[梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司],TMS-PRO食品物性分析仪(质构仪)(美国FTC公司),BCD-539WF海尔电冰箱(青岛海尔股份有限公司)。

1.2 试验方法

1.2.1 白牦牛乳硬质干酪加工工艺:原料乳→检验→巴氏杀菌(72℃,15min)→冷却(38℃)→添加发酵剂(0.035g/100mL)→添加CaCl₂(0.6%)→添加凝乳酶(0.8%)→凝乳→切割、排乳清→二次加热→排乳清→搅拌、加盐→堆酿→压榨成型→贮存^[12]。

1.2.2 样品制备 按照1.2.1提供的工艺在实验室条件下制备白牦牛乳硬质干酪,将样品分装于乐扣保鲜盒(5L)置不同温度(5、10、15℃)的冰箱内贮藏(60、90、120、150d)。称取不同贮存期的干酪样品,在同一水平上取3个直径15mm、高10mm的圆柱形样备用。

1.2.3 TPA试验 测定参数设定:测量探头下降速度为1.0mm/s,测试速度为1.0mm/s,下压变形为40%,间隔时间0s,触发力为0.20N。探头类型为顶角60°、底面直径30mm的圆锥有机玻璃探头^[13-14],全质构分析(TPA)是对样品进行2次压缩,来测定样品的质构特性。各项指标均3次重复,以平均值±标准差表示。TPA标准压缩曲线见图1,参数及其意义见表1。

1.2.4 感官评价 按照RHB101-506-2004进行^[15-16],由本试验组7人分别评分后计算均值。感官评价细则见表2。

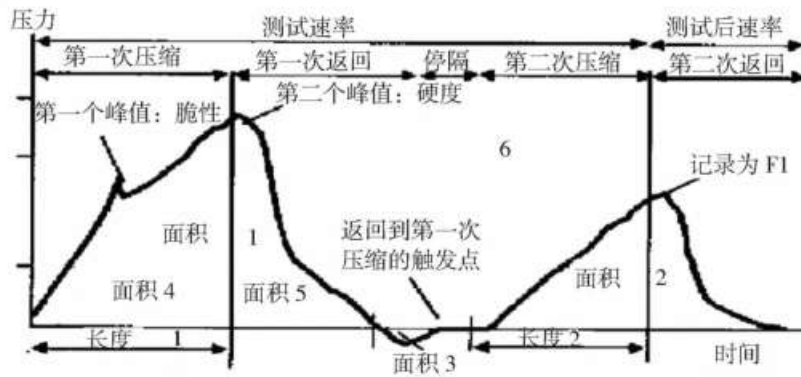


图1 TPA 试验的质地特征曲线

表1 TPA 参数及其意义

参数	定义
脆性	第1次压缩过程中若是产生破裂现象, 曲线中出现一个明显的峰, 此峰值就定义为脆性
硬度	硬度是第1次压缩时的最大峰值, 多数样品的硬度值出现在最大变形处
粘着性	第1次压缩曲线达到零点到第2次压缩曲线开始之间的曲线的负面积 (图1中的面积3)
弹性	弹性变形样品在去除压力后恢复到变形前的高度比率, 用第2次压缩与第1次压缩的高度比值表示, 即长度: 2/1
粘聚性	粘聚性表示测试样品经过第1次压缩变形后所表现出来的对第2次压缩的相对抵抗能力, 在曲线上表现为两次压缩所做正功之比 (面积: 2/1)
胶粘性	胶粘性只用于描述半固态测试样品的粘性特性, 数值上用硬度和粘聚性的乘积表示即硬度×粘聚性
咀嚼性	咀嚼性只用于描述固态测试样品, 数值上用胶粘性和弹性的乘积表示, 即胶粘性×弹性

表2 硬质干酪感官评分细则^①

项目	特征	扣分	得分
滋味和 气味 (50分)	具有该种干酪特有的滋味和气味, 香味浓郁	0	50
	具有该种干酪特有的滋味和气味, 香味良好	1~2	49~48
	滋味、气味良好但香味较淡	3~5	47~45
	滋味、气味良好, 但香味淡	6~8	44~42
	滋味、气味平淡, 但香味淡无乳香味者	7~12	58~53
	具有饲料味	9~12	41~38
	具有异常酸味	6~10	44~40
	具有霉味	9~12	41~38
	具有苦味	9~15	41~35
	氧化味	9~18	41~32
	有明显的其他异味	9~15	41~35

续表2

项目	特征	扣分	得分
组织状态 (25分)	质地均匀、软硬适中,组织极细腻,有可塑性	0	25
	质地均匀、软硬适中,组织细腻,可塑性较好	1	24
	质地基本均匀、稍软或稍硬,组织较细腻,有可塑性	2	23
	组织状态粗糙,较硬	3~9	22~16
	组织状态疏松,易碎	5~8	20~17
	组织状态呈碎粒状	6~10	19~15
	组织状态呈皮带状	5~10	20~15
纹理图案 (10分)	具有该种干酪正常的纹理图案	0	10
	纹理图案稍有变化	1~2	9~8
	有裂痕	3~5	7~5
	有网状结构	4~5	6~5
	契达干酪具有孔眼	3~6	7~4
	断面粗糙	5~7	5~3
色泽 (5分)	色泽呈白色或淡黄色,有光泽	0	5
	色泽略有变化	1~2	4~3
	色泽有明显变化	3~4	2~1
外形 (5分)	外形良好,具有该种干酪产品正常的形状	0	5
	干酪表皮均匀,细腻,无损伤,无粗厚表皮层、有石蜡混合涂层或塑料膜真空包装	0	5
	外形无损伤但外形稍差者	1	4
	表层涂蜡散落	1~2	4~3
	表层有损伤	1~2	4~3
	轻度变形	1~2	4~3
	表面有霉菌者	2~3	3~2
	包装 (5分)	包装良好	0
包装合格	1	4	
	包装较差	2~3	3~2

①1.有轻度苦味、轻度饲料味、轻度霉味者作合格论,滋味、气味评分低于39分者不得作加工干酪原料;2.荷兰干酪允许有微酸味;3.不杀菌加工的荷兰干酪允许有气孔。

1.3 数据处理

试验数据采用 IBM SPSS 19 软件进行处理。

2 结果与分析

2.1 牦牛乳硬质干酪贮存过程中的质构变化

2.1.1 不同贮存温度下的硬度变化 从表3

可以看出,在贮存中后期,5、10℃下干酪硬度在90d时均达最大,随后下降;15℃下,干酪硬度呈先增后减再增趋势,90d时达最大,120d时最小,随着贮存时间的延长,150d时开始上升。对比5、10、15℃下的质构可以看出,TPA实验探头下压过程

中作用力不断加大,物体表现出对外力的抵抗,当作用力达到一定程度,物体达到其生物屈服点,这时干酪中的酪蛋白分子结合开始遭到破坏,反映为干酪的硬度和脆性^[16-17]。贮存过程中,5℃时的硬度始终低于10℃和15℃,可能是5℃下由于温度较低,水分含量较10℃和15℃高,硬度较小。150 d时,15℃下干酪具有最大的硬度,反映此时干酪对变形抵抗最大,5℃和15℃下干酪硬度具有极显著性差异($P<0.01$)。5℃下脂肪水解速度较慢,所以硬度较低而且变化较缓慢。硬度贮存90 d时达最大值,与贮存60、120、150 d时均有极显著性差异($P<0.01$)。

表3 牦牛乳硬质干酪在不同贮存温度时硬度变化^①

贮存时间/d	N		
	5℃	10℃	15℃
60	2.33±0.11	7.3±0.15	15.37±0.56
90	15.1**±0.32	17.9±0.32	21.2±0.98
120	7.6±0.21	11.2±0.33	11.2±0.29
150	5.7±0.15	10.6±0.2	14.1±0.27

①**表示差异极显著($P<0.01$),*表示差异显著($P<0.05$),下表同。

2.1.2 不同贮存温度下的粘着性变化 粘着性反映了咀嚼这种干酪时,干酪对上腭、牙齿、舌头等接触面粘着性大小^[16]。从表4可以看出,5℃下,随着贮存时间的延长牦牛乳硬质干酪粘着性呈上升趋势。在10、15℃下,随着贮存时间的延长粘着性呈先降后升

表4 牦牛乳硬质干酪在不同贮存温度粘着性的变化

贮存时间/d	N·S		
	5℃	10℃	15℃
60	0.46±0.03	0.71±0.04	1.10±0.05
90	0.63±0.04	0.40±0.01	0.36±0.02
120	0.68±0.02	0.92±0.11	0.53±0.03
150	1.08±0.03	0.92±0.06	1.31±0.07

趋势,90 d时最小,后期迅速上升,具有较高的粘着性,适口性较好。不同贮存温度以及贮存时间下干酪粘性不具有差异性($P<0.05$)。

2.1.3 不同贮存温度下的弹性变化 贮存期内随着脂肪球的降解,酪蛋白的网状结构变得宽松,干酪的弹性随之增加^[18]。蛋白质水解后肽链形成的酪蛋白网状结构和脂肪水解形成的脂肪球^[19],使得贮存期耗损模量增加,损耗角正切降低,导致弹性在贮存中期增加很明显。从表5可以看出,贮存过程中10℃和15℃下弹性相近,在120 d时5℃下的弹性最大。贮存后期,随着贮存时间的增加,不同贮存温度下的硬质干酪弹性不具有差异性($P<0.05$)。干酪贮存中后期感官状态软硬适中,表现出良好的弹性口感,但不同贮存时间范围内硬质干酪弹性也不具有差异性($P<0.05$)。

表5 牦牛乳硬质干酪在不同贮存温度时弹性的变化

贮存时间/d	5℃	10℃	15℃
60	0.93±0.05	1.54±0.09	1.52±0.08
90	1.38±0.16	1.28±0.21	1.54±0.15
120	2.84±0.85	1.50±0.23	1.24±0.09
150	1.05±0.21	1.38±0.11	1.39±0.17

2.1.4 不同贮存温度下的粘聚性变化 干酪的粘聚性是指干酪受外力作用时,在破裂前所能达到的形变程度,表现了酪蛋白胶束分子间的结合能力以及蛋白抵抗受损并紧密连接,使干酪保持完整性最强^[20-21]。从表6

表6 牦牛乳硬质干酪在不同贮存温度时粘聚性的变化

贮存时间/d	5℃	10℃	15℃
60	0.43±0.02	0.14±0.02	0.24±0.01
90	0.30±0.01	0.29±0.02	0.33±0.02
120	0.29±0.05	0.37±0.03	0.25±0.03
150	0.24±0.05	0.25±0.04	0.31±0.04

可以看出, 贮存 60 d 时, 5 ℃ 下的粘聚性明显高于 10 ℃ 和 15 ℃, 不同贮存温度下硬质干酪粘聚性不具有差异性 ($P < 0.05$)。贮存后期, 3 个贮存温度下的硬质干酪粘聚性均下降并趋于稳定, 不同贮存时间下硬质干酪粘聚性不具有差异性 ($P < 0.05$)。

2.1.5 不同贮存温度下的胶粘性变化 从表 7 可以看出, 5 ℃ 和 10 ℃ 下的胶粘性在贮存过程中变化趋势相似, 贮存后期相近。15 ℃ 下具有较高胶粘性, 贮存 150 d 时明显高于 5 ℃ 和 10 ℃, 所以不同贮存温度下 (5、15 ℃) 硬质干酪胶粘性具有差异性 ($P < 0.05$)。分析牦牛乳干酪的整个贮存过程不难看出, 随贮存时间的增加, 胶粘性先增大, 然后呈下降趋势, 可能是由于干酪中脂肪含量随着贮存时间延长而减少, 胶粘性随着脂肪含量减少而降低。贮存 90 d 时的干酪的胶粘性

表 7 牦牛乳硬质干酪在不同贮存温度时胶粘性的变化

贮存时间 /d	N		
	5 ℃	10 ℃	15 ℃
60	1.0 ^{**} ±0.05	1.2±0.02	3.7 ^{**} ±0.15
90	4.5 ^{**} ±0.21	5.1±0.36	6.9 ^{**} ±0.22
120	2.2 [*] ±0.22	4.2±0.18	2.8 [*] ±0.11
150	1.4 ^{**} ±0.04	2.7±0.13	4.3 ^{**} ±0.24

最高, 与贮存 60 d 以及 150 d 时有极显著性差异 ($P < 0.01$), 与贮存 120 d 时有显著性差异 ($P < 0.05$)。

2.1.6 不同贮存温度下的咀嚼性变化 咀嚼性反映干酪对咀嚼的持续抵抗性^[16]。从表 8 可以看出, 贮存 90、120 d 时, 5 ℃ 和 10 ℃ 下的咀嚼性相近, 除贮存 120 d 外, 15 ℃ 下的咀嚼性明显高于 5 ℃ 和 10 ℃。所以, 3 个温度条件下, 贮存 90、120 d 时咀嚼性较佳, 具有良好的食用品质。不同贮存温度下硬质干酪咀嚼性不具有差异性 ($P < 0.05$), 贮存 90 d 时与贮存 60 d 以及 150 d 时干酪的咀嚼性有显著性差异 ($P < 0.05$)。

2.2 牦牛乳硬质干酪贮存过程中的感官评定

从感官评定结果 (表 9) 可以看出, 相同贮存时间下, 温度越高, 感官评定主要表

表 8 牦牛乳硬质干酪在不同贮存温度时咀嚼性的变化

贮存时间 /d	N		
	5 ℃	10 ℃	15 ℃
60	0.94 [*] ±0.01	1.82 [*] ±0.01	5.98 [*] ±0.26
90	6.24 [*] ±0.22	6.56 [*] ±0.18	10.7 [*] ±0.09
120	6.34±0.35	6.22±0.08	3.42±0.12
150	1.44 [*] ±0.11	3.67 [*] ±0.29	5.98 [*] ±0.41

表 9 牦牛乳硬质干酪在不同贮存温度时干酪贮存期感官评定

贮存时间 /d	5 ℃	10 ℃	15 ℃
60	香味较淡, 风味不好, 带有发酵味, 组织细腻	具有奶油味, 风味良好, 质地基本均匀, 组织较细腻	刺激性酸味大, 风味一般, 质地均匀, 软硬适中
90	有奶油味, 风味良好, 稍酸, 发酵味较淡, 质地均匀细腻, 可塑性较好	具奶油味, 风味良好, 香味浓郁, 质地均匀, 软硬适度, 组织细腻, 有可塑性	酸味大, 风味不好, 质地较硬, 可塑性较差
120	具奶油味, 风味良好, 质地均匀, 组织细腻, 有可塑性	有奶油味, 风味良好, 但有尖锐酸味, 组织状态均匀细腻, 软硬适度	酸味下降, 且有哈味, 组织状态粗糙较硬, 易碎
150	有不良后味, 质地均匀细腻, 具可塑性, 软硬适中	风味良好, 有不良后味, 质地较硬	有不愉快的风味, 有苦味, 组织状态一般, 质地较硬, 易碎

现在风味的差异上,其次是组织状态。而相同贮存温度下,感官评定的差异主要表现在组织在组织状态上,其次是风味。通过对比贮存期内牦牛乳硬质干酪的感官评定可以看出,贮存温度为10℃、贮存90d所得到的干酪风味和质地评价最好,其TPA分析结果为硬度17.9 N、粘着性0.40 N·S、弹性1.28、粘聚性0.29、胶粘性5.1 N、咀嚼性6.56 N。

3 结论与讨论

研究表明,在贮存期白牦牛乳干酪的蛋白质水解程度不断增加,在蛋白质网孔结构变化的同时其质构也发生变化。通过对干酪在贮存期的咀嚼性、粘聚性、胶粘性等质构性质参数进行测定、对比分析可知,干酪的硬度在5℃和15℃下有极显著差异($P<0.01$),咀嚼性在贮存90d时与60d、150d的具有显著性差异($P<0.05$),胶粘性在不同贮存期以及温度均有显著性差异($P<0.05$),而粘着性、弹性、粘聚性在不同贮存期以及温度下无显著性差异($P<0.05$)。通过对牦牛乳硬质干酪质构TPA特性的分析,结合感官评价认为,牦牛乳硬质干酪最佳贮存时间为90d,最佳贮存温度为10℃,此时硬度17.9 N、粘着性0.40 N·S、弹性1.28、粘聚性0.29、胶粘性5.1 N、咀嚼性6.56 N,适口性最佳,风味和口感良好。

随贮存温度的升高,牦牛乳硬质干酪口感变化比较明显。贮存30d时,组织状态和风味变化不大。由于不同贮存温度能明显影响干酪蛋白质的降解速度、发酵剂发酵效果和干酪品质等^[22-24],贮存60d、15℃条件下出现较大的质地变化以及不愉快的风味。随着贮存时间和温度的变化出现不同的风味和口感,较高的温度造成蛋白质的快速降解,甚至因降解过度产生大量的苦味肽,有不良的风味和口感;而在适当的温度,比

如5~10℃时,整个试验期都具有良好的风味和口感。

在贮存期,由发酵剂引起的蛋白水解活动影响到干酪的质构特性,脂肪打乱了连续的凝胶结构同时增加了大量的脂肪球,例如均质,从而导致干酪凝块硬度的下降^[17]。牦牛乳干酪的粘聚性在低温下的变化和中高温的变化规律不一致。温度较高时其粘聚性主要是自身的结合力,当干酪中含有适量的脂肪时,脂肪所具有的粘性加强了其结合力。随着贮存期延长及脂肪的降解,干酪自身的结合力减弱,而脂肪的粘性并不很强,因此粘聚性反而减小^[20]。贮存过程中发生化学和物理变化使气味清新的干酪失去韧性、稳定的凝块结构,由于不同的影响因素,如凝块组分(脂肪、蛋白质和水分含量)、pH、凝块结构、盐分、贮存条件、脂肪和蛋白水解程度等,其咀嚼性也随之发生变化。贮存过程中,一些生化变化(主要是蛋白质水解、糖酵解和脂肪水解)伴随着少量残余的胶体磷酸钙在凝块中的变化导致了干酪质构的变化,在贮存过程中酪蛋白的数量、分布决定了干酪的结构,随着干酪中蛋白质水解程度的增加,干酪的原有的网络结构被降解^[2]。由于酪蛋白的水解,酪蛋白原有的大的网络结构较快地被破坏,分解产生更小的物质,并且使得蛋白胶束变得更加纤细,空穴变大,结构更加松散、导致干酪的硬度和弹性的降低^[25]。

参考文献:

- [1] 于丽斌,鞠印凤,窦军,等.高达干酪的生产工艺及控制要点[J].中国乳品工业,2006(4):56-59.
- [2] 贺殿媛.贮藏期内干酪理化、流变学性质及微观结构变化的研究[D].哈尔滨:东北农业大学,2007.
- [3] 王洁.硬质干酪加工工艺及其生物活性肽

- 的研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2006.
- [4] 程建华. 超硬质干酪成型与加快成熟的研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2010.
- [5] 张秋平, 范贵生. 干酪的感官特性与仪器测量特性的现状与进展[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版), 2007(2): 139-142.
- [6] 郭本恒. 现代乳品加工学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2001.
- [7] 李晓东, 霍贵成, 崔旭海. 干酪流变学性质及其对质地的影响[J]. 中国乳品工业, 2005(4): 51-55.
- [8] 古丽奴尔·吐拉西. 基于新疆不同地区奶疙瘩筛选干酪制作的发酵剂及其应用研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆大学, 2012.
- [9] VAN HEKKEN DIANE L, TUNICK MICHAEL H, PARK YOUNG W. Rheological and proteolytic properties of Monterey Jack goat's milk cheese during aging[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2004, 52(17): 5372-5377.
- [10] N C BERTOLA, A N CALIFANO, A E BEVILACQUA, et al. Textural changes and proteolysis of low-moisture mozzarella cheese frozen under various conditions[J]. LWT-Food Science and Technology, 1996, 29(5): 470-474.
- [11] Z USTUNOL, K KAWACHI, J STEFFE. Rheological properties of cheddar cheese as influenced by fat reduction and ripening time [J]. John Wiley & Sons, 1995, 60(6): 1208-1210.
- [12] 刘兴龙, 甘伯中, 李帆, 等. 白牦牛乳硬质干酪加工工艺技术研究[J]. 食品科学, 2009, 30(14): 94-98.
- [13] P R FOX. Development in dairy chemistry [M]. London: Applied Science Publishers, 1982.
- [14] 孙彩玲, 田纪春, 张永祥. TPA 质构分析模式在食品研究中的应用[J]. 实验科学与技术, 2007, 5(2): 1-4.
- [15] 中国乳制品工业协会. 乳制品感官质量评鉴细则: RHB 101-2004[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
- [16] 屠康, 赵艺泽, 洪莹, 等. 利用质构仪对不同类型干酪质地品质的研究[J]. 中国乳品工业 2004, 32(12): 16-18.
- [17] SUNDARAM GUNASEKARAN, M MEHMET A K. Cheese rheology and texture[M]. London: CRC Press, 2003.
- [18] M KARAMI, M R EHSANI, S M MOUSAVI, et al. Changes in the rheological properties of Iranian UF-Feta cheese during ripening[J]. Food Chemistry, 2008, 112(3): 539-544.
- [19] TUNICK M H. Rheology of dairy foods that gel, stretch, and fracture[J]. Journal of Dairy Science, 2000, 83(8): 1892-1898.
- [20] 杨炳壮, 杨白云, 唐艳, 等. 原料奶中脂肪与干物质比例对水牛奶 Mozzarella 鲜干酪质地的影响[J]. 中国乳品工业, 2008(11): 17-20.
- [21] 陈雪, 王伟, 洪蕾, 等. 不同发酵剂对切达干酪成熟期间品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2012, 38(11): 58-62.
- [22] 宋雪梅. 成熟温度对牦牛乳硬质干酪蛋白质降解的影响及其苦味肽特征的研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2015.
- [23] SUSAN J CROMIE, JANET E GILES, JOHN R DULLEY. Effect of elevated ripening temperatures on the microflora of Cheddar cheese [J]. Journal of Dairy Research, 1987, 54(1): 69-76.
- [24] AZARNIA, ROBERT, LEE. Biotechnological methods to accelerate cheddar cheese ripening[J]. Critical Reviews in Biotechnology, 2006, 26(3): 121-143.
- [25] 金太花, 金泽林. 利用酶凝干酪素制造模拟培尔干酪[J]. 食品工业科技, 2013, 34(3): 255-258.

(本文责编: 杨杰)