

霉菌水牛乳豆乳混合发酵干酪成熟特性的研究

谢芳,曾庆坤,杨承剑,唐艳,农皓如,冯玲,李玲

(中国农业科学院 广西水牛研究所,南宁 530001)

摘要:雅致放射毛霉(*Actinomucor elegans*)是腐乳酿造中常用的菌种,将其应用到水牛乳和豆乳混合干酪的发酵成熟过程中,研究该菌种对干酪成熟期间理化特性等各项指标的影响,结果表明:干酪在成熟期间,水分质量分数由61.25%下降到43.15%;pH4.6可溶性氮和12%TCA可溶性氮质量分数在成熟的30 d内分别由15.49%和7.13%上升到52.59%和47.91%。硬度和弹性均呈下降趋势。霉菌水牛乳、豆乳混合干酪成品的主要理化指标为:非脂水分质量分数71.25%,蛋白质质量分数20.63%,干物质脂肪质量分数25.01%。

关键词:水牛乳豆乳混合干酪;霉菌;理化指标;成熟特性

中图分类号:TS252.53 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-2230(2015)03-0015-03

Mildew soybean milk, water surface mixed fermentation milk cheese mature characteristics research

XIE Fang, ZEN Qing-kun, YANG Cheng-jian, TANG Yan, NONG Hao-ru, FENG Ling, LI Ling

(Guangxi Buffalo Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Nanning 53001, China)

Abstract: *Actinomucor elegans* is commonly used in fermented bean curd brewing strain, apply it to the buffalo milk, bean milk, cheese mature, to study the strain of cheese maturation during physical and chemical properties such as the effect of each index, the results show that cheese during the period of maturity, moisture content decreased from 61.25% to 43.15%; TCA pH4.6 SN and 12% SN in mature within 30d by 15.49% and 7.13% to 52.59% and 47.91% .respectively. TPA hardness and elasticity are falling. That mixed cheese products For the main physical and chemical indicators are as: Not fat water 71.25%, 20.63% protein, 25.01% fat content of dry matter, Comply with the requirements of relevants national standard.

Key words: water milk soybean mixed cheese; mold; The physical and chemical indicators Mature features

0 引言

干酪是一种发酵的奶制品,其制作源于西方国家,消费普遍,而我国因奶源、价格、口味等各种原因,限制了其发展^[1],因此,开发适合中国人口味、价格合理的干酪产品迫在眉睫。雅致放射毛霉(*Actinomucor elegans*)是我国传统腐乳酿造中常用的优良菌种之一,该霉菌可分泌多种酶系,对腐乳后期发酵过程中风味物质的形成起重要作用^[2]。试验将雅致放射毛霉菌应用于水牛乳、豆乳混合发酵干酪的生产,并对该“霉菌混合干酪”在成熟过程中的理化指标及成熟特性进行了初步探讨。

1 实验

1.1 材料

新鲜水牛乳(取自广西水牛研究所种畜场),黄

收稿日期:2014-10-31

基金项目:广西科技攻关项目(11107005-1A);广西水产畜牧兽医局科技项目(桂渔牧科1204915)。

豆, R-704 乳酸菌发酵剂,凝乳酶,雅致放射毛霉(*Actinomucor elegans*),乙醇,石油醚,醋酸钠,盐酸,硫酸,三氯乙酸,乙醚,冰乙酸,碳酸氢钠,氢氧化钠,以上试剂均为国产分析纯。

1.2 仪器

干酪槽,干酪切割刀、模具等, XS105DU 电子天平, FOSS8400 全自动定氮仪及消化炉, MJX-250 智能霉菌培养箱, BCD-208GSSMY 美的冰箱, FDM-2 浆渣自分离磨浆机, N100B 牛奶分离机, 数显 pH 计, 美国 FTC-质构仪(TMS-Pro), Milko Scan FT120 乳成分仪, LDZ5-2 型台式低速离心机等。

1.3 方法

(1)霉菌水牛乳、豆乳混合干酪的制作工艺。

水牛乳(标准化)添加豆乳→巴氏杀菌→冷却→添加发酵剂调整酸度→加氯化钙、凝乳酶→凝块切割→静置→30℃恒温、缓慢搅拌→升温(40 min 内缓慢升温至 39℃)→搅拌 10 min→加食盐→排出乳清→搅拌→排出全部乳清→入模压榨过夜(16℃)→排乳清→盐水浸渍→成型切割→喷洒霉菌孢子悬液→入霉菌培养箱(温度 13℃, 湿度 90% 以上)→翻面(待

- (3)游离脂肪酸质量分数的测定。采用GB / T5530—1998法测定^[4]。
- (4)pH4.6 SN测定参照文献[5]中方法。
- (5)12%TCA SN测定参照文献[5]中方法。
- (6)蛋白的测定参照文献[6]中方法。
- (7)脂肪质量分数的测定。采用GB 5413.3—2010法测定[7]。
- (8)干酪质构的测定采用文献[8]中方法。
- (9)干酪产率的计算公式

$$\text{干酪产率}^{\text{[9]}} = \frac{\text{干酪的质量 (g)}}{\text{乳的质量 (g)} + \text{发酵剂的质量 (g)} + \text{盐的质量 (g)}} \times 100\%$$

1.4 实验设计

将毛霉菌作为表面发酵剂添加到豆乳、水牛乳混合干酪中,分别在其成熟的0,10,20,30 d取样,进行各项指标测定,研究毛霉菌在干酪成熟过程中所起的作用,最后将成熟30 d的成品霉菌干酪进行指标测定,以期得到符合干酪国家标准,且口感醇厚、营养价值高,更适合中国人消费的霉菌干酪新品种。

2 结果与分析

2.1 干酪成熟过程中水分质量分数的变化

在霉菌干酪成熟过程中,分别取0,10,20,30 d不同成熟期,分别测定其水分质量分数的变化,结果如图1所示。

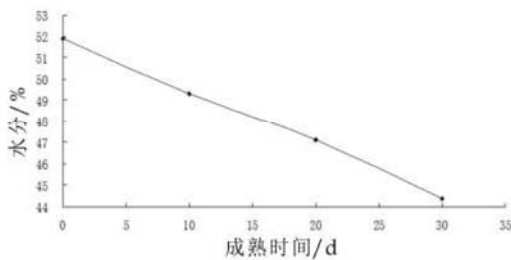


图1 霉菌干酪成熟过程中水分质量分数变化

由图1可以看出,随着成熟时间的延长,霉菌干酪的水分迅速减少,水分质量分数由61.25%下降到最低质量分数43.15%。在成熟开始的10 d,天水分减少了近10%,主要是因为新鲜干酪一方面要继续排出少量乳清,另一方面,其表面的水分也在不断的蒸发,而后半个月水分质量分数就近于平缓,这是由于随着霉菌的生长,在干酪表面形成了一层壳,阻止了水分的蒸发。后续随着成熟时间的增加,毛霉的蛋白酶与脂肪酶的活性增加,分解出的出的羰基和氨基组分与水分结合,使得此后干酪样品的水分质量分数维持在45%左右。

2.2 游离脂肪酸的变化

游离脂肪酸是干酪在成熟过程中由脂肪分解酶作用而产生的,除了自身可以直接作为奶酪的风味物质,同时也是一些挥发性物质的前体,如酮类、内酯类、醇类以及醛类等^[10]。由图2可以看出,随着成熟时间的增加,干酪的游离脂肪酸质量分数呈不断

上升趋势,这就进一步说明了在雅致放射毛霉的作用下,干酪的脂肪和酪蛋白充分降解,促使游离脂肪酸质量分数增加,进而加快了干酪的成熟,以提高其营养价值。

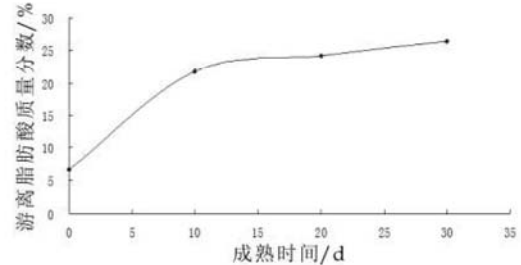


图2 霉菌干酪成熟过程中游离脂肪酸的变化

2.3 可溶性氮(SN)质量分数的变化

pH4.6可溶性氮表明蛋白水解的广度,反映降解酪蛋白产生的小肽和中肽,主要由凝乳酶的作用产生的。12%TCA可溶性氮表明蛋白水解的深度,它反映降解酪蛋白产生的短肽和游离氨基酸,主要由加入的凝乳酶和发酵剂作用产生的^[11]。可溶性氮含量的高低,表明了蛋白质的水解程度,它是干酪成熟程度的标志。可由图3可以看出,随着成熟时间的延长,干酪中的酪蛋白发生了强烈的分解,形成大量的多肽、氨基酸等可溶性氮,使干酪中可溶性氮随着成熟时间的延长而不段增加。由图3可以看出,pH4.6 SN和12% TCA SN在霉菌干酪成熟的30 d内,分别由最新鲜干酪的15.49%和7.13%上升到52.59%和47.91%,增值基本呈现平滑、上升趋势。

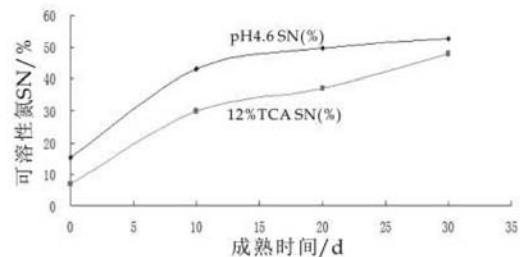


图3 霉菌干酪成熟过程中可溶性氮变化

2.4 干酪蛋白质、脂肪的变化

霉菌干酪成熟是指在一定温度、湿度等条件下,干酪中主要蛋白质、脂肪及碳水化合物在微生物和酶的共同作用下,分解并发生某些生化反应,是一个复杂的过程^[12]。其中,蛋白质在成熟过程中,逐渐降解成小分子、多肽、小肽以及大量人体必需的氨基酸;脂肪成分随着成熟的延长,在微生物和酶的作用下,由长链、饱和脂肪酸逐渐分解成非饱和和链脂肪酸,少量脂肪酸又转化成醇、酯、内酯、酚醛等直接影响干酪风味的物质^[13]。由表4可以看出,干酪在成熟过程中,蛋白质含量在不断的升高而脂肪含量略有降低。

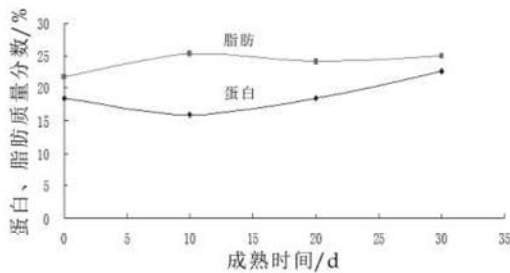


图4 霉菌干酪成熟过程中蛋白、脂肪质量分数变化

2.5 干酪成熟过程中TPA变化

TPA (Texture Profile Analysis), 质地剖面分析, 又称两次咀嚼测试。主要通过模拟人类口腔咀嚼时对食品的破坏作用, 对样品进行压缩^[14]。本试验主要选取硬度、弹性和咀嚼性变化为测定指标。

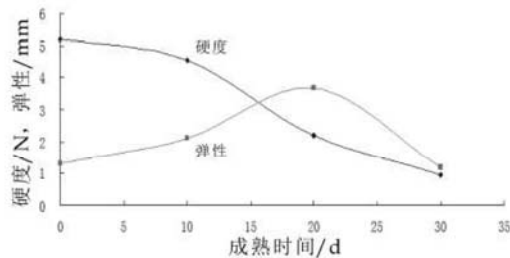


图5 霉菌干酪成熟过程中硬度和弹性的变化

霉菌干酪在成熟过程中, 其微观和宏观结构决定了它的流变、质地性质。由图5可以看出, 随着成熟时间的增加, 其硬度呈现持续下降趋势, 在成熟的最初10 d左右, TPA弹性呈上升状态, 而在成熟大约20 d后又缓慢下降, 这主要是由于毛霉的作用, 使干酪的蛋白质和脂肪发生水解, 产生了大量水溶性物质, 酪蛋白原本的网络结构被破坏, 干酪体系变得松散, 从而使得其硬度和弹性都随之下降, 形成柔软而均匀的组织结构^[15]。

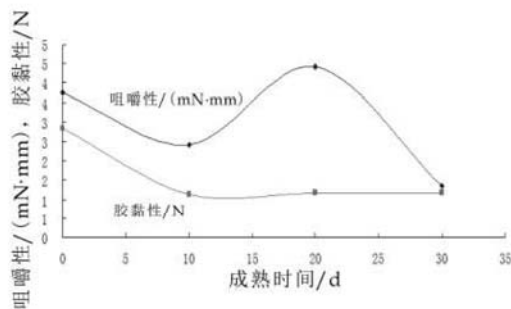


图6 霉菌干酪成熟过程中咀嚼性和胶黏性的变化

由图6可以看出, 霉菌干酪在成熟过程中, 其咀嚼性呈现出先增加后降低的趋势, 在后期成熟的最后一周左右, 咀嚼性的下降很快, 这可能是干酪在成熟末

期, 弹性、硬度均下降, 干酪内部质地均匀、软化, 减少了其吞咽、咀嚼度。在干酪成熟的最初10 d内胶黏性下降很快, 在后熟的20 d内基本上维持在1.2 N左右, 这可能是干酪在成熟初期在毛霉的水解作用下, 内部质地变软, 而随着成熟期的进一步延长, 其组织结构更加均匀、成形, 胶黏性也趋于稳定。

2.6 成品指标

2.6.1 理化指标

取成熟期为30 d的雅致放射毛霉水牛乳、豆乳干酪, 测定其成品理化指标, 结果如表1所示。

表1 霉菌干酪成品理化指标

非脂水分	蛋白质	干物质脂肪	pH4.6 SN	12%TCA SN
71.25	20.63	50.31	58.24	53.38

注: 均为质量分数。

根据表1可以看出, 成熟30 d的雅致放射毛霉水牛乳、豆乳混合发酵干酪, 其非脂水分质量分数^[16]符合GB/T 21375-2008《干酪(奶酪)》中软质干酪的要求, 其干物质脂肪质量分数符合GB/T 21375-2008《干酪(奶酪)》中全脂干酪要求。

2.6.2 微生物指标

大肠菌群(最近似值) $\leq 0.90 \text{ g}^{-1}$, 致病菌未检出, 符合GB 5420-2010《干酪》微生物指标要求。

2.6.3 感官指标及产率

感官评分标准参照文献^[17]中方法进行, 结果如表2所示。由表2可以看出, 雅致放射毛霉水牛乳豆乳混合发酵干酪: 表面为乳白色或黄色, 内部为淡黄色, 有奶油风味, 有霉味, 质地细腻、均匀。符合GB 5420-2010《干酪》感官要求^[18], 且干酪成品的产率均大于19%。

表2 霉菌干酪成品感官评定及产率

编号	滋味和气味 (55分)	组织状态 (25分)	外型 (10分)	色泽 (10分)	总分 (100分)	产率 /%
1	45	23	9	8	85	19.2
2	51	24	9	9	93	19.2
3	52	23	9	9	93	19.0
4	54	23	9	9	95	19.1
5	48	22	9	9	88	19.2

3 结论

雅致放射毛霉可以在豆乳水牛乳混合干酪表面充分生长, 干酪成熟后期, 霉菌在其表面结壳, 使得水分维持在45%左右; 干酪在成熟过程中, 因毛霉产生的蛋白酶, 使干酪的蛋白质和脂肪发生强烈水解, pH4.6 SN和12% TCA SN均显著提高, 增加了干酪的风味物质, 同时使干酪硬度下降, 具有良好的感官品质。

参考文献:

- [1] 郑小平, 郭本恒. 表面霉菌干酪的研制. 食品工业[J]2003(5).
- [2] 汪建明, 郭林海, 孙团, 张媛媛. 雅致放射毛霉在干酪中的应用[J]. 中国食品与发酵工业, 2008, 34(11): 155-156. (下转第21页)

$$y_1 = -108.476661 - 67.570426x_1 + 49.370497x_2 - 79.400815x_3 + 161.153154x_4 - 215.891487x_5 + 19.141917x_6 + 34.241433x_7 + 30.898436x_8 + 43.638295x_9 + 85.289161x_{10}$$

$$y_2 = -204.553007 - 63.378268x_1 + 30.955226x_2 - 75.438182x_3 + 221.789123x_4 - 218.053754x_5 + 14.009551x_6 + 39.033230x_7 + 21.511087x_8 + 107.400390x_9 + 67.320549x_{10}$$

$$y_3 = 111.913970 - 48.700450x_1 + 0.815927x_2 - 54.072566x_3 + 7.767672x_4 - 55.958410x_5 + 3.375638x_6 + 0.283256x_7 + 4.365050x_8 + 36.766711x_9 - 90.495530x_{10}$$

由此可得:电子鼻响应值与游离己酸、辛酸、癸酸的回归的拟合度较高,故游离己酸、辛酸的质量浓度与电子鼻传感器信号之间具有良好的线性关系;电子鼻响应值与游离癸酸质量浓度回归拟合效果比较差;有可能是样本量少或实验误差大引起的。

3 结论

(1)电子鼻对不同游离己酸、辛酸、癸酸质量浓度的山羊奶响应值有差异。

(2)电子鼻技术能够区分不同游离己酸、辛酸、癸酸质量浓度的山羊奶。由于山羊奶游离己酸、辛酸、癸酸质量浓度与膻味强度有关,因此推测电子鼻技术在评价山羊奶膻味强度方面有一定可行性。

(3)回归分析显示,电子鼻响应值与游离己酸、辛酸、癸酸呈现一定的线性关系。

(4)单一添加不同质量浓度的游离己酸、辛酸、癸酸难以完整模拟山羊奶的膻味,三种游离脂肪酸只能提供类似膻味的气味。

参考文献:

- 曹斌云,罗军,姚军虎,渊锡藩.山羊奶的营养价值与特点[J].畜牧兽医学杂志,2007,26(1):49-50.
- 曹斌云.中国奶山羊产业发展战略研究[J].中国羊业进展,2010:20-34.
- 陈建明,冯建忠,张居农.山羊奶营养及加工工艺特性[J].中国奶牛,2009,(4):42-45.
- 郭明若,骆承库.山羊奶的风味[J].中国乳品工业,1990,18(2):91-94.
- 焦凌梅,袁唯.改善山羊乳风味的方法研究[J].中国乳业,2006(6):56-58.
- SALLES C, SOMMERER N, SEPTIER C, et al. Goat cheese flavor: sensory evaluation of branched-chain fatty acids and small peptides[J]. J. Food Sci., 2002,67(2):835-841.
- MADRUGA M S, ARRUDA S G B, NARAIN N, et al. Castration and slaughter age effects on panel assessment and aroma compounds of the "mestico" goat meat[J]. Meat Science, 2000,56(2):117-125.
- WONG E, NIXON L N, JOHNSON C B. Volatile medium chain fatty acids and mutton flavor[J]. J. Agric Food Chem., 1975, 23(3):495-498.
- 丁艳芳,谢海燕,王晓曦,等.食品风味检测技术发展概况[J].现代面粉工业,2013,(1):22-26.
- QIN Z, PANG X, CHEN D, et al. Evaluation of Chinese tea by the electronic nose and gas chromatography-mass spectrometry: Correlation with sensory properties and classification according to grade level [J]. Food Research International, 2013,53(2):864-874.
- RUSSO M, DI SANZO R, CEFALY V, et al. Non-destructive flavour evaluation of red onion (*Allium cepa* L.) Ecotypes: An electronic-nose-based approach[J]. Food Chem., 2013, 141(2):896-899.
- TIAN X, WANG J, CUI S. Analysis of pork adulteration in minced mutton using electronic nose of metal oxide sensors[J]. Journal of Food Engineering, 2013,119(4):744-749.
- 陈伟.我国羊奶产业发展存在的问题[J].中国乳业,2009,(12):46-47.
- 姜新曼,李钰,史永翠,王存芳.羊乳及其制品的脱膻技术与市场现状[J].乳业科学与技术,2014,37(3),23-26.
- 贾宗艳,任发政,郑丽敏.电子鼻技术及在乳制品中的应用研究进展[J].中国乳品工业,2006,34(4):35-38.
- 郭奇慧,白雪,胡新宇,刘卫星.应用电子鼻区分不同成熟期的契达干酪[J].中国乳品工业,2008,36(4):31-32.
- 刘志东,郭本恒,王荫榆.电子鼻在乳品工业中的应用[J].食品与发酵工业,2007,33(2):102-107.
- 张虹艳,丁武.电子鼻对不同温度下生鲜羊奶贮藏时间的判定[J].食品科学,2011,32(16):257-260.
- 兰会会,胡志和.电子鼻技术在乳品生产与质量控制中的应用[J].食品科学,2010,31(17):467-472.
- 杨春杰,丁武,马利杰.多级溶剂萃取_气相色谱测定羊奶中致膻游离脂肪酸[J].食品工业科技,2014(网络预发表).
- 汪建明,郭林海,孙团,张媛媛.雅致放射毛霉在干酪中的应用[J].中国食品与发酵工业,2008(11):157-158.
- 胡文效,姜兴涛.乳类食品香成分及其成因[J].山东食品发酵,1998,123(4):32-35.
- 李永青.Tilsit干酪工艺优化及其挥发性风味物质的研究[D].天津科技大学,2009.(3):17-18.
- 郭媛,张晓莹,孙文峰,等.不同干酪质构及其影响因素的研究[J].中国奶牛,2009(10):49-50.
- 汪建明,郭林海,孙团,等.雅致放射毛霉在干酪中的应用[J].中国食品与发酵工业,2008(34):156-157.
- GB/T 21375—2008《干酪(奶酪)》[S].
- 郭本恒,张少辉.软质干酪检验方法[S].中华人民共和国农业行业标准,2002.

(上接第17页)

- 刘福岭,戴行钧.食品物理与化学分析方法[M].北京:北京科技出版社,1987:34-38.
- GB/T5530-1998,动植物油脂酸价和酸度测定[S].
- YUN J J, KIELY L J, BARBAND D M. Mozzarella cheese: Impact of Cooking temperature on chemical composition, proteolysis and functional properties[J]. J. Dairy Sci., 1993, 76(12):3663-3673.
- 李宁.几种蛋白质测定方法的比较[J].陕西农业大学学报,2006:132-134.
- GB5413.3-2010,婴幼儿食品和乳品中脂肪的测定,第一法[S].
- KINDSTEDT P S. Effect of concentration and freezing on Mozzarella cheese Texture[J]. J Dairy Sci., 1983, 66:202-214.
- 王知非,吕加平,张立宇,等.工艺条件对Camembert干酪品质及得率影响的研究[J].中国乳品工业,2009,223(6)20-21.