

复合天然抑菌膜 对 Cheddar 干酪的保鲜效果

曹志军¹,李洵洲¹,刘敏^{1,*},范贵生²,史晓霞¹

(1.内蒙古农业大学职业技术学院,内蒙古包头 014109;

2.内蒙古农业大学食品科学与工程学院,内蒙古呼和浩特 010010)

摘要:使用不同复合天然抑菌膜(无覆膜保鲜(空白)、酪蛋白酸钠-壳聚糖-纳他霉素膜(M1)、酪蛋白酸钠-壳聚糖-纳他霉素/溶菌酶膜(M2))对 Cheddar 干酪保鲜效果进行研究,在 4℃ 冷藏条件下,对干酪感官、不同贮藏时间的水分含量、pH、滴定酸度、可溶性氮含量、融化性和油脂析出性、质构特性及 SDS-凝胶电泳、微生物指标的变化进行测定。结果表明:与空白相比,M1 和 M2 膜包装干酪的各项感官、理化指标较好,质构特性相对较优,并且 M1 膜包装干酪 SDS-凝胶电泳图谱说明其蛋白水解程度相对较低,干酪溶液铺平板培养 48 h 后的菌落数(3.5×10^4 CFU/mL)少于 M2 膜(6.8×10^4 CFU/mL)和空白(9.2×10^4 CFU/mL),因此,M1 膜包装明显优于 M2 膜,并且 M1 膜和 M2 膜对 Cheddar 干酪均具有良好的抗菌保鲜性,可有效延长 Cheddar 干酪的贮藏期。

关键词:Cheddar 干酪,复合膜,特性,保鲜

The preservation effect of composite natural antibacterial film on Cheddar cheese

CAO Zhi-jun¹, LI Xun-zhou¹, LIU Min^{1,*}, FAN Gui-sheng², SHI Xiao-xia¹

(1. Vocational and Technical College, Inner Mongolia Agricultural University, Baotou 014109, China;

2. College of Food Science and Engineering, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010010, China)

Abstract: The preservation effect of different composite natural antibacterial films (blank control without film, sodium caseinate-chitosan-natamycin film, also named film M1, sodium caseinate-chitosan-natamycin/lysozyme film, also named film M2) on Cheddar cheese were studied. Sensory evaluation index, and moisture content, pH value, titratable acidity, soluble nitrogen content (SN), meltability, oil precipitation properties, textural properties, SDS-polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE) and microbial indexes of cheese in different storage time were measured under refrigeration at 4℃. The results showed that compared with the blank control, the sensory evaluation index, the physical and chemical indexes and textural properties of cheese packaged with film M1 and M2 were better, and the pattern of SDS-PAGE showed that the degree of proteolysis of cheese packaged with film M1 was relatively low, the colony counts (3.5×10^4 CFU/mL) of the solution of cheese packaged with film M1 laying flat plate after 48h were less than those (6.8×10^4 CFU/mL and 9.2×10^4 CFU/mL respectively) of the solution of cheese packaged with film M2 and the blank control under the same conditions. So film M1 was significantly better than film M2, and both of them had good antibacterial and preservation effects to effectively prolong storage period of Cheddar cheese.

Key words: Cheddar cheese; composite film; properties; preservation

中图分类号:TS206.2

文献标识码:A

文章编号:1002-0306(2017)18-0226-06

doi:10.13386/j.issn1002-0306.2017.18.043

干酪水分含量高,营养价值丰富,成熟期较长,贮藏过程中极易出现腐败变质,导致出油、析水、质地变硬变脆等质量安全问题^[1]。因此,探究延长其贮藏期的方法对于干酪生产、贮藏及销售具有重要意义。可食性膜可以控制氧气、水分及其有机质的迁移,延缓氧化和抑制微生物的滋生,有效延长干酪的货架期^[2]。

壳聚糖具有无毒、无味及良好的生物降解性、可再生性和成膜性,同时具有广谱抑菌性^[3-4],因此被用于人工组织及包装材料中,但单独使用壳聚糖成膜时,材料的机械性能欠佳、脆性较大、抗水性及抑菌能力较差^[5]。因此研究添加其它成膜及抗菌材料来制备性能较好的抑菌膜。酪蛋白酸钠又称酪氨酸钠,因其分子

收稿日期:2017-02-07

作者简介:曹志军(1976-),男,硕士,副教授,主要从事畜产品加工与品质方面的研究,E-mail:czjczl@126.com。

*通讯作者:刘敏(1975-),女,硕士,副教授,研究方向:农畜产品加工与贮藏,E-mail:Minliu0000@163.com。

基金项目:内蒙古自然科学基金(2015MS0316)。

中分别含有亲水基团和疏水基团,这种无毒纯天然的可食材料具有很好的热稳定性,具有良好的成膜性、乳化性和阻气性^[6-8]。纳他霉素是目前国际上唯一获得批准的一种高效、广谱、安全的抗真菌生物食品防腐剂,可用于抑制食品中的霉菌、酵母生长,它很少的量就能抑制导致食品腐败的霉菌和酵母菌,是一种高效、安全、无毒、无副作用的天然食品防腐剂^[9]。

本文以酪蛋白酸钠和壳聚糖为成膜原料,添加具有抑菌作用的纳他霉素及溶菌酶,以期改善复合膜的抗菌特性,主要对比不同成分保鲜膜保鲜处理干酪在4℃冷藏期间的变化,为开发应用新型可食干酪包装材料提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

Cheddar干酪 实验室自制;Marker 分子量范围14.4~94 kDa;酪蛋白酸钠 东京化成工业株式会社;壳聚糖 食品级,脱乙酰度≥90%,干燥质量损失率≤8.0%;甘油 河南滨海实业有限责任公司;冰乙酸 北京金辉通业化工公司;纳他霉素及溶菌酶(2236 IMCU/g) 内蒙古泽生试剂有限公司;牛肉膏、琼脂、蛋白陈、氯化钠、氢氧化钠 均为分析纯,天津市北方天医化学试剂。

TWCL-D 调温磁力搅拌器 巩义市予华仪器有限责任公司;130 mm×130 mm 方皿 上海源叶生物科技有限公司;鼓风干燥箱 上海乐傲实验仪器有限公司;高压灭菌锅 上海俊晟生物科技有限公司;恒温恒湿箱 天津市泰斯特仪器有限公司;全自动蛋白测定仪 北京盈盛恒泰科技有限责任公司;精密酸度计 PH211 深圳市凯铭杰仪器设备有限公司;DYY-Ⅲ型稳压稳流定时电泳仪 上海谱振生物有限公司;质构仪 StevensQts25 Materials Evaluation System, HH-B 11490 电热恒温培养箱 天津市实验仪器。

1.2 实验方法

1.2.1 切达(Cheddar)干酪的制作方法 采用Cheddar干酪制作新工艺^[10],原料乳→标准化→杀菌(63℃,30 min)→冷却(31℃)→添加发酵剂→调整酸度(pH5.8)→添加凝乳酶→凝块切割→静置(10 min)→搅拌升温(1℃/5 min,至38℃)→排出乳清→成型压榨→贮存。

1.2.2 天然抑菌膜的制备方法

1.2.2.1 酪蛋白酸钠-壳聚糖-纳他霉素膜(M1)的

制备 称取5 g 酪蛋白酸钠用100 mL 蒸馏水磁力搅拌至溶解,2 g 壳聚糖用100 mL 体积分数为1%的冰乙酸水溶液磁力搅拌至溶解,两者的溶液各取50 mL 混合并用调温磁力搅拌器搅拌,搅拌过程中加入2% (V/V)甘油,加入0.07 g 纳他霉素待混合液共溶后5000 r/min 离心10 min,取30 mL 混合液后倒入130 mm×130 mm 规格的一次性塑料平皿中,用玻璃棒摊平排除气泡,置于30℃鼓风干燥箱中干燥24 h 备用。

1.2.2.2 酪蛋白酸钠-壳聚糖-纳他霉素/溶菌酶膜(M2)的制备 按照1.2.2.1 (M1)膜制备的基础上再加入1.0 g 溶菌酶,制成此膜。

1.2.3 干酪的保鲜膜处理 将实验干酪切成50 mm×50 mm×40 mm 的块状,分为三组,第1组不处理,第2组将M1膜包裹于干酪表面,第3组将M2膜包裹于干酪表面,然后将所有样品放入厚度为0.12 mm,大小为60 mm×100 mm 的聚丙烯薄膜灭菌自封袋中,在4℃冰箱贮藏。每间隔7 d 按要求测定样品干酪一系列指标的变化,重复3次。

1.2.4 感官评定 采用感官评定的评分检验法,评定员10人,满分为100分,干酪外形和色泽为10分,组织状态40分,滋味和气味50分。分别对不同M1膜和M2膜包装的干酪贮藏1个月后打分,评分标准如表1所示。

1.2.5 干酪水分含量的测定 采用烘干恒重法^[11]。

1.2.6 滴定酸度和pH的测定 滴定酸度采有文献中的方法进行^[12];pH测定:称取1.5 g 干酪置于40 mL去离子水中,超声波分散30 min,取上清液用酸度计测其pH。

1.2.7 pH4.6可溶性氮(SN-pH4.6)测定 准确称取0.75 g 干酪,加入25 mL pH4.6的醋酸盐缓冲液,将干酪充分磨碎,再用25 mL的醋酸盐缓冲液充分冲洗,悬浮液在4000 r/min 的离心机中离心20 min,取上清液定量地移入凯氏消化瓶,进行半微量凯氏定氮,并以占干酪总氮量的质量分数表示^[13]。

1.2.8 12%三氯乙酸氮(SN-TCA)测定 准确称取1.5 g 干酪,加入25 mL 12% TCA溶液,将干酪充分磨碎,再用20 mL的TCA液充分冲洗,获得悬浮液在4000 r/min 的离心机中离心20 min,取上清液定量地移入凯氏消化瓶,进行半微量凯氏定氮,并以占干酪

表1 感官评定指标和评分
Table 1 Sensory evaluation index and scores of yoghurt

项目	评分标准	分数(分)
外形和色泽	外形最差,有损伤,色泽不均匀	1~5
	外形一般,色泽均匀度一般	6~8
	外观良好,色泽为白色或浅黄色、均匀度良好	9~10
组织结构	切面质地粗糙,不致密,多裂痕,弹性不好,黏性大	1~10
	切面质地一般,较致密,无裂痕,弹性一般	11~30
	切面质地均匀,致密,无裂痕,弹性良好	31~40
滋味和气味	酸味过重,有苦味、腐败味等异常味	1~15
	口感一般,但香味不明显	16~40
	具有品种特有的纯香味,酸味适中,无异味	41~50

表2 干酪感官评分结果

Table 2 The results sensory evaluation of cheese

样品	评价分数										结果
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
空白	50	45	60	47	49	53	56	67	65	55	54.70 ± 7.44^a
M1 膜处理	87	83	80	76	78	89	77	76	84	83	81.30 ± 4.62^b
M2 膜处理	82	72	79	69	88	84	78	81	82	82	78.90 ± 5.80^b

注:同列字母不同表示差异显著($p < 0.05$)。

总氮量的质量分数表示^[14]。

1.2.9 油脂析出性、干酪的融化性测定 通过传统的脂肪渗漏法经改良用于油脂析出性的测定,方法为:用特制打孔器顺着干酪纤维方向取圆柱的干酪样品,其直径为 17.6 mm,厚 7 mm。将样品放置于预先铺有滤纸的直径 9 cm 的培养皿内,在室温下回复温度 30 min,然后将其放入预热至 100 ℃ 的烘箱内,加热 1 h 取出,在室温下回复 30 min,油圈形成,测定油圈的直径,测 4 个值,精确到 0.1 mm,计算平均数,表示干酪的油脂析出性;用传统的 Schreiber 实验法测定干酪的融化性^[15]。

1.2.10 干酪质构的测定 样品测定前在 4 ℃ 冷藏保存,测定时,干酪样品切为 20 mm 的正方体,放置在压缩盘上,纤维方向垂直于压缩盘,物性测定仪参数:测试前速度 5.0 mm/s,测试速度为 1.0 mm/s,测试后速度为 5.0 mm/s,下压距离为 10 mm,间隔时间 10 s,触发力为 0.2 N,探头类型为 P/0.5s,分别重复 3 次。取平均值可得到硬度、黏着性、弹性、凝聚性、胶性、咀嚼性、回弹性等数值^[16]。

1.2.11 SDS 凝胶电泳的测定 10 mg 干酪加入 0.5 mL 样品处理液中(含有 20% 甘油、0.2% SDS、0.063 mol/L Tris-HCl (pH6.8), 6 mol/L 尿素),再加 20 μ L β -巯基乙醇(2-ME)和 20 μ L 饱和溴酚兰溶液,定容到 1 mL。SDS-PAGE 电泳采用质量分数的 5% 的浓缩胶和质量分数为 12% 的分离胶^[17]。

1.2.12 菌数测定 取在 4 ℃ 冰箱贮藏 30 d 的干酪样品,无菌操作称取 2 g 干酪置于 100 mL 无菌三角瓶(内有适量玻璃珠)中,并加入 50 mL 无菌生理盐水。然后将三角瓶在水浴振荡器中 150 r/min 振摇 15 min 后静置,取三角瓶内上清液(记为 A 液)进行菌数测定。取 1 mL A 液注入 9 mL 无菌生理盐水中,得到 A 液浓度的 10^{-1} 倍稀释液。然后按此方法继续得到 10^{-2} 、 10^{-3} 的梯度稀释液;取 1 mL 梯度稀释液注入无菌平皿中,然后向其内倾注 15 mL 冷却至 47 ℃ 的 PDA 培养基,每个梯度铺 3 个平行平板;待平皿内培养基凝固后,翻转平板置于 37 ℃ 培养箱中;48 h 后取出平皿,观察平板中微生物的生长情况,并进行平板计数^[18-21]。

1.3 数据处理

应用 SAS 6.12 版统计软件分析分别对干酪测定参数做方差分析。

2 结果与分析

2.1 不同抑菌膜包装 Cheddar 干酪的感官评价

由表 2 结果可知,M1 和 M2 膜处理干酪品质显

著大于空白样品品质($p < 0.05$),但两膜处理差别不显著。通过抑菌膜包装干酪,可明显改善干酪的水分活度,使蛋白的结构改变小,并且可减少脂肪的氧化作用,对干酪的风味和质构产生保护作用,使干酪具有良好的品质。

2.2 不同抑菌膜包装 Cheddar 干酪贮藏过程中水分含量的变化

如图 1 所示,贮藏过程中干酪水分含量始终呈现下降趋势,空白对照组处理在贮藏前 35 d 内下降趋势明显,达到显著水平($p < 0.05$),两组不同抑菌膜包装处理下降趋势较为平缓,各处理的水分下降程度明显低于空白样品($p < 0.05$),不同抑菌膜包装处理因含有的壳聚糖和酪蛋白酸钠具有良好成膜性,成膜后可阻止水分蒸发^[22]。结果表明 M1 膜和 M2 膜处理能有效抑制干酪水分的减少,且 M1 膜比 M2 膜对水分的阻隔性能好,在 M1 膜包装后微生物活动被更有效地抑制。

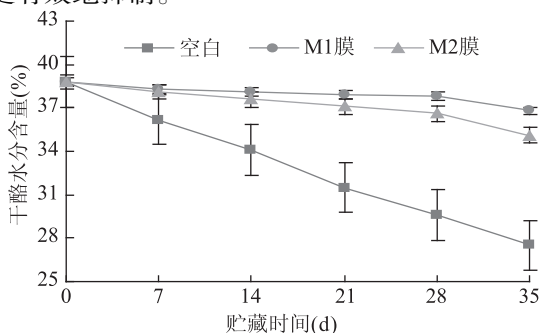


图1 贮藏期间水分含量的变化

Fig.1 Changes of moisture content during storage period

2.3 不同抑菌膜包装 Cheddar 干酪贮藏过程中滴定酸度及 pH 的变化

如图 2 所示,在整个贮藏过程中,干酪的 pH 始终呈现下降趋势,但下降速度各异,其中空白组下降最快。在前 14 d,各组下降趋势较大,可能是干酪中的微生物利用乳糖产生乳酸所致。并且 M1 膜和 M2 膜组处理明显高于空白组,可能是由于抑菌膜抑制了干酪中乳酸菌和污染菌,导致乳酸产生的量少,pH 变化较缓。14 d 后,各组下降趋势变缓,可能是由于后期可被微生物利用乳糖量减少,引起产酸量下降所致。结果显示,M1 膜和 M2 膜下降较空白缓慢,M1 膜相对于 M2 膜和空白组 pH 下降幅度小。随着贮藏时间的延长,空白滴定酸度变化最大,M2 膜组酸度变化较大,M1 膜组变化最小。从结果可知,滴定酸度的变化与 pH 的变化相一致。说明 M1 膜对干酪的保鲜效果比 M2 膜要好,能更有效抑制微生物活动。

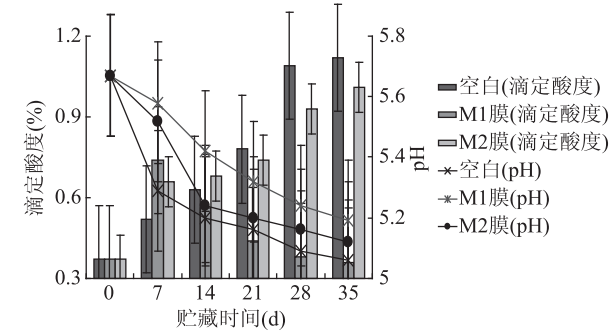


图2 贮藏期间滴定酸度和 pH 的变化
Fig.2 Changes of titratable acidity and pH value during storage period

2.4 不同抑菌膜包装 Cheddar 干酪贮藏过程中 pH4.6 SN 和 12% TCA SN 的变化

由图 3 可以看出,随着成熟时间的延长,不同组别的干酪成熟过程中,pH4.6 SN 和 12% TCA SN 含量逐渐增大。空白组 pH4.6 SN 和 12% TCA SN 变化幅度最大,说明蛋白质的水解程度最大,M2 膜中由于添加了溶菌酶,前期对乳酸菌可能产生抑制作用,21 d 内 pH4.6 SN 和 12% TCA SN 变化最小。21 d 后溶菌酶在膜内的作用降低,各指标含量又逐渐增大。M1 膜包装贮藏 21 d 后 pH4.6 SN 和 12% TCA SN 含量变化趋于平缓,可能是膜对 CO₂、O₂、微生物等的阻隔性较好,降低了微生物引起干酪中蛋白水解程度,M1 膜中的抑菌成分使干酪菌相趋于稳定,使蛋白水解的广度和深度减小。综合考虑,M1 膜组对干酪腐败变质抑制效果较好。

2.5 不同抑菌膜包装 Cheddar 干酪融化性和油脂析出性的变化

分别取各包装处理干酪测定在贮藏过程中融化性和油脂析出性的变化结果见图 4,前 7 d 干酪的融化性有较小变化,油脂析出性增加,可见在贮藏初期蛋白发生不同程度的水解,7 d 后空白油脂析出逐渐增大,M1 膜和 M2 膜处理组油脂析出呈下降趋势,这与干酪成熟过程中 Yun 研究的结果变化不一致,可能是由于包装膜对其产生了影响。28 d 时空白组融化性达到最大,M1 膜和 M2 膜处理组融化性逐渐下

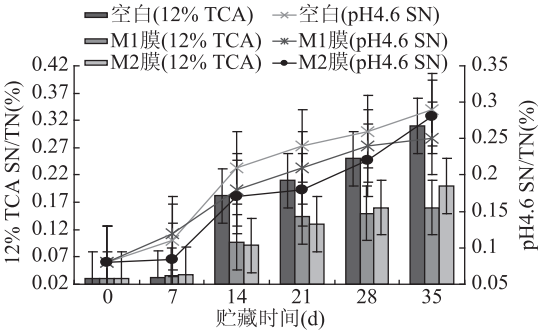


图3 贮藏期间 12% TCA 和 pH 为 4.6 时 SN 的变化
Fig.3 Changes of 12% TCA and pH4.6 during SN storage period

降,M1 膜和 M2 膜组包装有效地抑制了蛋白质降解,由于蛋白质均被有效控制,两种包装材料处理差异不大,均有效降低了干酪的融化和油脂析出。

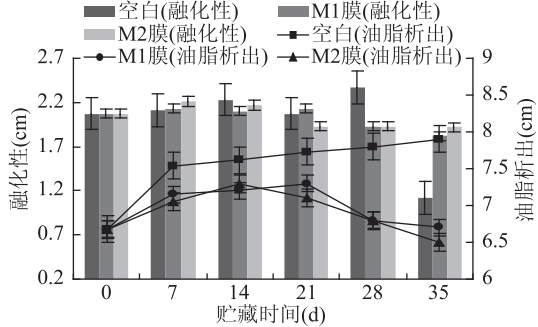


图4 贮藏期间融化性和油脂析出的变化
Fig.4 The relationship between meltability and oil precipitation properties during storage period

2.6 不同抑菌膜包装 Cheddar 干酪质构的变化

分别取干酪贮藏 7、14、21 d 的样品,测定其质构的变化,表 3 中列出了不同贮藏期干酪 TPA 检验的质构参数。其中硬度、弹性和凝聚性是影响质构的主要指标。

从表 3 可知,干酪的硬度随着贮藏时间的延长呈现减少的趋势,M1 和 M2 膜处理组硬度均大于空白组,且 M1 膜组硬度大于 M2 膜组,贮藏时间对硬度的影响极显著 ($p < 0.05$);各处理组黏着性和弹性

表 3 不同抑菌膜包装 Cheddar 干酪的质地随贮藏时间的变化

Table 3 Changes of texture of Cheddar cheese packaged with different antibacterial films with storage time

样品	贮藏时间 (d)	硬度 (N)	黏着性 (N·S)	弹性	凝聚性	胶性 (N)	咀嚼性 (N)	回弹性
空白组	7	16.60 ± 1.01 ^a	0.94 ± 0.14 ^a	0.88 ± 0.01 ^a	0.65 ± 0.02 ^a	13.5 ± 0.20 ^a	11.9 ± 0.35 ^a	0.21 ± 0.007 ^a
	14	15.21 ± 0.83 ^c	1.02 ± 0.20 ^b	0.90 ± 0.01 ^b	0.61 ± 0.01 ^a	9.60 ± 0.78 ^b	7.90 ± 0.51 ^c	0.16 ± 0.001 ^c
	21	13.23 ± 0.67 ^b	1.32 ± 0.17 ^c	1.03 ± 0.03 ^c	0.58 ± 0.04 ^a	8.60 ± 0.22 ^a	6.80 ± 0.35 ^b	0.13 ± 0.007 ^b
M1 膜处理组	7	23.41 ± 0.92 ^a	0.60 ± 0.27 ^a	0.78 ± 0.02 ^a	0.53 ± 0.03 ^a	13.3 ± 0.15 ^b	10.4 ± 0.23 ^a	0.26 ± 0.004 ^a
	14	22.80 ± 0.03 ^{ab}	0.83 ± 0.24 ^b	0.81 ± 0.01 ^b	0.50 ± 0.01 ^a	12.2 ± 0.13 ^c	9.40 ± 0.45 ^c	0.24 ± 0.002 ^c
	21	18.63 ± 0.95 ^c	1.02 ± 0.08 ^d	0.92 ± 0.02 ^c	0.49 ± 0.03 ^b	11.2 ± 0.26 ^a	8.50 ± .041 ^b	0.21 ± 0.002 ^c
M2 膜处理组	7	19.25 ± 1.03 ^a	0.73 ± 0.13 ^a	0.86 ± 0.01 ^b	0.56 ± 0.07 ^a	16.2 ± 0.07 ^a	15.3 ± 0.61 ^a	0.29 ± 0.007 ^a
	14	20.62 ± 0.91 ^c	1.02 ± 0.21 ^b	0.88 ± 0.01 ^c	0.54 ± 0.01 ^a	9.80 ± 0.25 ^b	7.80 ± 0.32 ^c	0.22 ± 0.001 ^c
	21	15.33 ± 0.87 ^b	1.86 ± 0.95 ^c	1.02 ± 0.08 ^a	0.52 ± 0.02 ^a	9.50 ± 0.03 ^a	7.20 ± 0.26 ^b	0.18 ± 0.041 ^b

注:同列字母不同表示差异显著 ($p < 0.05$)。

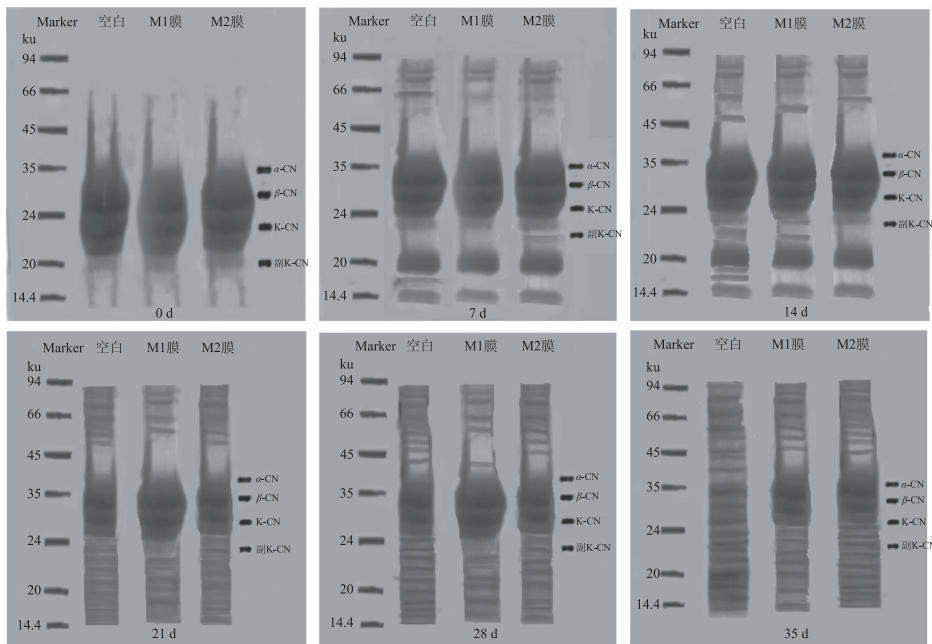


图5 不同抑菌膜包装 Cheddar 干酪储藏 35 d 的 SDS 凝胶电泳图

Fig.5 Patterns of SDS-PAGE of Cheddar cheese packaged with different antibacterial films in storage for 35 d

的数值是逐渐上升的,其差异性均显著($p < 0.05$),且空白组上升最大,M2 膜组次之,M1 膜组上升最小;凝聚性、胶性、咀嚼性和回弹性在贮藏期间都呈下降趋势,其中凝聚性空白组较大,M1 膜组最小;胶性在 7 d 时较大,14 d 后下降趋于平缓,且 14 d 后 M1 组值较大,统计分析显示凝聚性在整个贮藏期内差异不显著($p > 0.05$);咀嚼性和回弹性 M2 膜在 7 d 时较大,14 d 后各组下降趋于平缓,贮藏期内差异显著($p < 0.05$)。

2.7 不同抑菌膜包装 Cheddar 干酪 SDS 凝胶电泳结果

SDS-PAGE 主要用来表示干酪在贮藏期间的 α -酪蛋白和 β -酪蛋白的水解变化情况,其根据蛋白和多肽分子量大小进行分离^[23]。根据电泳图图 5 可以看出,在 14 d 时,M1、M2 膜组干酪在 24 kDa 以下的小分量的肽比空白组数量少,存在明显差别。在 21 d 时空白组和 M2 膜组小分量的肽急剧增多,条带模糊不清难以分辨,说明这一分子量下的小分子肽较多。可能是空白组中由于微生物合成的蛋白酶、氨肽酶和羧肽酶有很强的分解蛋白的能力,将蛋白分解成多肽,更进一步分解成氨基酸。M2 膜组小分子量肽的增多可能是由于膜中溶菌酶和壳聚糖产生了拮抗作用,导致其抑菌性下降所致。M1 组小分子量的快速迁移肽增加不明显,说明 M1 膜组对微生物和生化反应速度有着明显的抑制作用。这与前面可溶性氮含量测定结果是一致的。

2.8 不同抑菌膜包装 Cheddar 干酪的微生物生长状况

表 4 是贮藏 30 d 干酪样品溶液铺平板并培养 48 h 后的菌落数,其中的空白组是指未包膜奶酪的无菌水铺平板的结果。从表 4 可以看出,相对于空白样,M1 和 M2 包装膜包装干酪在常温放置 30 d 后受

到微生物的污染程度有所不同:M1 复合膜包装的干酪所回收菌落数为 3.5×10^4 CFU/mL,少于 M2 膜 (6.8×10^4 CFU/mL)。这表明,M1 复合膜对干酪上的微生物生长有一定的抑制作用且优于 M2 膜。壳聚糖和纳他霉素对干酪污染菌具有良好的抑制作用,M2 膜中添加溶菌酶后抑菌性下降,可能是由于壳聚糖与溶菌酶产生拮抗作用,导致其抑菌性下降^[24],因此 M1 复合膜对干酪具有良好的抗菌保鲜作用。

表 4 不同抑菌膜包装干酪中的菌落总数

Table 4 Colony counts of Cheddar cheese packaged with different antibacterial films

包装方法	空白组	M1 膜	M2 膜
菌落数($\times 10^4$ CFU/mL)	9.2	3.5	6.8

3 结论

采用酪蛋白酸钠-壳聚糖抑菌复合膜对 Cheddar 干酪进行包裹处理,研究可食性膜对冷藏期间鲜干酪的保鲜效果,结果表明,M1 膜包装干酪感官品质好于 M2 膜包装干酪;随着贮藏时间的延长,M1 膜和 M2 膜处理能有效抑制干酪水分的减少,且 M1 膜比 M2 膜对水分的阻隔性能好。M2 膜包装组干酪酸度变化较大,M1 膜组干酪变化最小,并且滴定酸度的变化与 pH 的变化相一致。M1 膜包装贮藏 21 d 后 pH4.6 SN 和 12% TCA SN 含量变化趋于平缓,可能是膜对 CO_2 、 O_2 、微生物等的阻隔性较好,降低由微生物引起干酪中蛋白水解程度,M1 膜中的抑菌成分使干酪菌相趋于稳定,使蛋白水解的广度和深度减小引起的;M1 膜和 M2 膜组包装有效地抑制了蛋白质降解,由于蛋白质均被有效控制,所以两种包装材料处理样品后其蛋白变化差异不大;在成熟过程中,干酪质构特性存在显著差异,随着成熟期延长,干酪表面的硬度、凝聚性、胶性、咀嚼性和回弹性呈降低趋势,而黏着性和弹性呈增加趋势;SDS 凝胶电泳表明

M1 膜组对微生物和生化反应速度有着明显的抑制作用。细菌数测定结果表明所制备的 M1 膜对 Cheddar 干酪的保鲜效果较好。综合考虑各因素水平, M1 膜包装处理后蛋白水解程度较低, 干酪各指标较好。

参考文献

- [1] Ferris S, Palmiter H A. Italian type cheese in the USA [M]. American Producers of Italian Type Cheese Association, 1987.
- [2] MA Qing-qing, CAO Jin-xuan, ZHOU Gang-hong. Recent advances in functional edible coating film and its applications in preservation of fresh meat and meat products [J]. Food Science, 2012, 33(7): 331-335.
- [3] Allan C R, Hadwiger L A. The fungicidal effect of chitosan in meat preservation [J]. Meat Science, 1994, 38(2): 243-254.
- [4] Xu Qinglian, Xing Yage, Che Zhenming, et al. Effect of chitosan coating and oil fumigation on the microbiological and quality safety of fresh-cut pear [J]. Journal of Food Safety, 2013, 33(2): 179-189.
- [5] Dutta P K, Tripathi S, Mehrotra G K, et al. Perspectives for chitosan based antimicrobial films in food applications [J]. Food Chemistry, 2009, 114(4): 1173-1182.
- [6] Hol C, Sawyer L. Caseins as rheomorphic proteins: interpretation of the primary and secondary structures of the α 1-, β -, and κ -caseins [J]. Journal of the Chemical Society, 1993, 89: 2683-2692.
- [7] Schou M, Longares A, Montesinos-Herrero C, et al. Properties of edible sodium caseinate films and their application as food wrapping [J]. Lwt-Food Science and Technology, 2005, 38(6): 605-610.
- [8] Fabra M J, Talens P, Chiralt A. Water sorption isotherms and phase transitions of sodium caseinate-lipid films as affected by lipid interactions [J]. Food Hydrocolloids, 2010, 24: 384-391.
- [9] P Fajardo J, T Martinsb, C Fucinosc, et al. Evaluation of a chitosan-based edible film as carrier of natamycin to improve the storability of Saloio cheese [J]. Journal of Food Engineering 2010, 101(4): 349-356.
- [10] 张和平, 张列兵, 现代乳品工业手册 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2005: 733-756.
- [11] 中华人民共和国卫生部 中国国家标准化管理委员. GB/T 5009.3-2003 食品中水分含量的测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [12] 食品安全国家标准乳和乳制品酸度的测定 GB 5413.34-2010 [S].
- [13] 孟岳成, 姜涛. 嗜酸乳杆菌发酵豆乳工艺的研究 [J]. 中国乳品工业, 2008, 36(3): 1-2.
- [14] Lankaputhra W E V, Shah N P. Investigation of Factors Affecting Viability of Lactobacillus Acidophilus and Bifidobacteria in Yoghurt [C]. 24th Inter Dairy Congress, Melbourne, Australia, 1994: 18-22.
- [15] Bertola N C, Califano A N, Bevilacqua A E, et al. Effect of Freezing Conditions on Functional Properties of Low Moisture Mozzarella Cheese [J]. J Dairy Sci, 1996, 79(2): 185-190.
- [16] 刘会平. 不同工艺参数对 Mozzarella 干酪质构和功能特性的影响 [J]. 中国食品学报, 2006, 6(2): 20-28.
- [17] 郭尧君. 蛋白质电泳实验技术 [M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [18] Avella M, Bruno G, Errico M E, et al. Innovative packaging for minimally processed fruits [J]. Packaging Technology and Science, 2007, 20(5): 325-335.
- [19] Lee C H, An D S, Park H J, et al. Wide-spectrum antimicrobial packaging materials incorporating nisin and chitosan in the coating [J]. Packaging Technology and Science, 2003, 16(3): 99-106.
- [20] 季君晖, 史维明. 抗菌材料 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.
- [21] 杜连祥. 工业微生物学实验技术 [M]. 天津: 天津科学技术出版社, 1992.
- [22] Devlieghere F, Vermeulen A, Debevere J. Chitosan: antimicrobial activity, interactions with food components and applicability as a coating on fruit and vegetables [J]. Food Microbiology, 2004, 21(6): 703-714.
- [23] Banks J M, Brechany E Y, Christie W W. The production of Low-Fat Cheddar Cheese [J]. Journal of the Society of Dairy Technology, 1989, 42(1): 6-9.
- [24] Lee C H, An D S, Park H J, et al. Wide-spectrum antimicrobial packaging materials incorporating nisin and chitosan in the coating [J]. Packaging Technology and Science, 2003, 16(3): 99-106.

一套《食品工业科技》在手，
纵观食品工业发展全貌