

# 一种手撕奶酪的加工工艺及品质研究

杨迎春, 戴志伟, 王晓蕊, 殷娜, 胡美丽, 尤宏, 罗晓红\*

(新疆天润生物科技股份有限公司, 新疆乌鲁木齐 830000)

**摘要:** [目的]手撕奶酪是基于马苏里拉(Mozzarella)奶酪制作工艺, 开发的一种能沿特定方向撕成条状的偏零食化的奶酪。本试验旨在探究不同工艺条件下, 各参数对成品手撕奶酪的得率、感官品质、质构特性、脂肪和蛋白质含量的影响, 以获得最佳工艺参数。[方法]通过加入柠檬酸调节酸度(低温10℃酸化、高温37℃酸化)、调控酸凝pH值(4.5、5.0、5.5、6.0)、设置不同热烫温度(70、80、90℃)和不同拉伸折叠次数(50、75、100、125次), 分析以上各工艺参数对成品手撕奶酪得率、感官品质、脂肪和蛋白质含量的影响。[结果]低温加酸方式制得的手撕奶酪脂肪、蛋白质含量更高, 得率相对较高且软硬度适中, 拉丝较细腻; pH值在5.5和6.0时可以成功凝乳和拉伸, pH值在6.0时手撕奶酪的得率、脂肪和蛋白质含量均大于pH值在5.5时, 整体感官品质, 尤其拉丝细腻程度以及咀嚼感方面均弱于pH值在5.5时; 在热烫过程中, 随着热烫温度的增加, 总得率及手撕奶酪成品的脂肪含量呈下降趋势, 蛋白质含量呈上升趋势; 随着拉伸折叠次数的增加, 总得率及手撕奶酪成品脂肪含量呈下降趋势, 蛋白质含量呈上升趋势, 75次拉伸折叠在整体组织特征、拉丝细腻程度及弹性方面得分相对较高。[结论]手撕奶酪的最佳工艺参数为: 采用低温酸化工艺、酸化pH值为5.5、热烫温度为80℃、拉伸折叠次数约为75次。此工艺生产产品得率较高, 同时制得的手撕奶酪具备较好的感官品质及质构特性。

**关键词:** 手撕奶酪; 酶凝法; 加工工艺; 奶酪品质

文章编号: 1671-4393 (2026) 02-0102-09

DOI:10.12377/1671-4393.26.02.16

## Research on the Processing Technology and Quality of Hand-torn Cheese

YANG Yingchun, DAI Zhiwei, WANG Xiaorui, YIN Na, HU Meili, YOU Hong,  
LUO Xiaohong\*

(Xinjiang Tianrun Biotechnology Co., Ltd., Urumqi Xinjiang 830000)

**基金项目:** 兵团中央引导地方科技发展资金项目 (2025YD012)

**作者简介:** 杨迎春 (1989-), 女, 新疆博乐人, 硕士, 副高级工程师, 研究方向为乳制品研发;

戴志伟 (1997-), 男, 山东菏泽人, 硕士, 工程师, 研究方向为乳制品研发;

王晓蕊 (1997-), 女, 河南南阳人, 硕士, 工程师, 研究方向为乳制品研发;

殷娜 (1993-), 女, 新疆奇台人, 硕士, 工程师, 研究方向为乳制品研发;

胡美丽 (1999-), 女, 甘肃文县人, 硕士, 工程师, 研究方向为乳制品研发;

尤宏 (1970-), 男, 新疆昌吉人, 大专, 畜牧师, 研究方向为乳制品研发、加工及生产。

**\*通信作者:** 罗晓红 (1973-), 女, 新疆昌吉人, 本科, 副高级工程师, 研究方向为乳制品研发。

**Abstract:** [Objective]Hand-torn cheese is a snack-like cheese developed based on the production process of mozzarella cheese. This research aimed to investigate the effects of various process conditions and parameters on the yield, sensory quality, texture characteristics, fat and protein contents of the finished hand-torn cheese, in order to obtain the optimal process parameters.[Method]By adjusting the acidity (acidification at 10 °C and 37 °C), regulating the acidification pH value (4.5, 5.0, 5.5, 6.0), setting different boiling temperatures (70, 80, 90 °C) and different stretching folding times (50, 75, 100, 125 times), the effects of the above process parameters on the yield, sensory quality, fat and protein contents of the finished hand-torn cheese were analyzed.[Result]The hand-torn cheese produced by the low-temperature acidification method had higher fat and protein contents, a relatively higher yield and moderate softness, and finer silkiness; when the pH value was 5.5 or 6.0, curdling and stretching could be successfully achieved; when the pH value was 6.0, the yield, fat and protein contents of the hand-torn cheese were higher than those when the pH value was 5.5, and the overall sensory quality, especially the silkiness and chewing sensation, was weaker than that when the pH value was 5.5; during the boiling process, as the boiling temperature increased, the total yield and the fat content of the finished hand-torn cheese showed a downward trend, while the protein content showed an upward trend; with the increase in stretching folding times, the total yield and the fat content of the finished hand-torn cheese showed a downward trend, while the protein content showed an upward trend. When the stretching folding times were 75, the overall tissue characteristics, silkiness and elasticity scores were relatively higher.[Conclusion]The optimal process parameters for hand-torn cheese were: using the low-temperature acidification process, with an acidification pH value of 5.5, a boiling temperature of 80 °C and a stretching folding time of approximately 75 times. This process resulted in a higher yield of product, and the hand-torn cheese produced had better sensory quality and texture characteristics.

**Keywords:** hand-torn cheese; enzyme coagulation method; processing technology; cheese quality

奶酪作为一种古老的乳制品其历史可追溯至有文字记载之前的远古时期。在悠久的历史演进过程中,随着社会需求的变化和生产技术的进步,其种类和工艺逐渐呈现出不同特征<sup>[1]</sup>。总体上看,奶酪是通过微生物、酶制剂发酵等工艺使液态奶浓缩凝固成固体或者半固体状态,其富集了液态奶中的脂肪、蛋白等营养物质,也被称为“奶黄金”<sup>[2]</sup>。

在中国,新疆、西藏等少数民族地区有着悠久食用奶酪(奶疙瘩、乳扇、奶豆腐等)的习惯<sup>[3]</sup>,其他地区随着市场上奶酪制品的增多以及文化特色的交流,奶酪也正逐渐成为更多中国人餐桌上的选择。但是国人目前对大部分原制奶酪接受度

较低,尤其是发酵型且经长时间成熟的具有浓郁气味的原制奶酪。在原制奶酪家族中,马苏里拉(Mozzarella)奶酪是在中国较易接受也是本土化较好的。

Mozzarella奶酪是在各国烹饪中受欢迎、也是较易和本土特色结合的奶酪之一。作为“意式凝乳”奶酪的代表,其生产工艺特点在于将凝乳块置于热水中拉伸,从而形成独特的光滑表面质地<sup>[4]</sup>。该奶酪的功能特性(如熔融性、拉伸性)对其应用场景及消费者偏好接受度具有重要影响<sup>[5, 6]</sup>。这些特性主要受水分、酪蛋白、乳清及脂肪等主要成分相互作用的影响<sup>[7]</sup>。

手撕奶酪是基于Mozzarella奶酪制作工艺的一种能沿特定方向撕成细腻条状的偏零食化奶酪<sup>[8]</sup>。其类似蟹棒的细腻拉丝性，使消费者在食用手撕奶酪的过程中更有参与和体验感；其未经过发酵及成熟，仅保留奶香和脂香气味，在没有食用奶酪习惯的区域也易接受。因此，手撕奶酪可满足口感和趣味性，同时兼具营养和代餐属性，具有较大的市场潜力。

本试验以非发酵型Mozzarella奶酪工艺为基础，通过调节酸化温度、酸化pH值、热烫温度、拉伸折叠次数等工艺参数，分析各参数对手撕奶酪的得率、感官品质、质构特性、脂肪和蛋白质含量的影响，旨在为手撕奶酪的生产工艺提供数据参考，确定最佳工艺参数。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

1.1.1 材料

生牛乳，新疆天润生物科技股份有限公司；食用盐，市售；凝乳酶，科汉森（北京）贸易有限公司。

1.1.2 试剂

硫酸铜、硫酸钾、硫酸、硼酸、甲基红指示剂、氢氧化钠、95%乙醇、盐酸、石油醚、无水乙醚、无水柠檬酸，均为分析纯，国药集团化学试剂有限公司。

1.2 仪器与设备

生化培养箱（SPX-250B-Z型），上海博讯实业有限公司；HH-6数显恒温水浴锅，国华电器有限公司；KT8400凯氏定氮仪，福斯分析仪器有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 手撕奶酪的制作工艺

未均质的生牛乳（蛋白质含量：3.2%~3.3%，1.1<脂蛋比<1.15）→巴氏杀菌（72~75℃，15s）→冷却（37℃）/冷却（10℃）→加入柠檬酸水溶液/缓慢加热，加热过程中加入柠檬酸水溶液→加入凝乳酶溶液（0.015 g/kg），37℃静置50 min→切割→37℃静置30 min→初步过滤（轻微挤压乳清不流

出的状态）→收集乳清→加热乳清→热烫、折叠拉伸→塑形→冰盐水浸泡（盐水浓度15 g/L、浸泡时间10 min）→低温烘干（40℃，15 min）→包装→储存。

1.3.2 试验设计

（1）试验一

为确定酸化温度对手撕奶酪加工过程及成品的影响，将生牛乳样品巴氏杀菌（72~75℃，15 s）后，分别降温至10℃和37℃，加入调好的酸液（其中降温至10℃的样品加酸调pH值、搅拌、升温同步进行；37℃的样品加酸调pH值、搅拌同步进行），调酸后将料液加热至37℃，加入凝乳酶以促进凝乳，37℃度酶凝40~50 min，酶凝后切成1 cm 1 cm的小方块，静置排乳清30 min。排乳清后，初步过滤，在奶渣轻微挤压乳清不流出的状态下热烫拉伸，初步选择热烫温度为70℃，拉伸折叠次数为60次<sup>[9~11]</sup>。拉伸后泡盐水10 min，40℃烘干15 min。

（2）试验二

按照试验一确定的酸化温度，选择pH值4.5、5.0、5.5、6.0的酸度进行酸化，其他工艺同上。

（3）试验三

按照试验一确定的酸化温度与试验二确定的酸化酸度，选择热烫温度70、80、90℃进行热烫，其他工艺同上。

（4）试验四

按照试验一确定的酸化温度、试验二确定的酸化酸度和试验三确定的热烫温度，选择拉伸折叠次数50、75、100、125次进行拉伸折叠，其他工艺同上。

1.3.3 手撕奶酪得率的计算方法

（1）手撕奶酪奶渣得率

在初步过滤阶段（轻微挤压乳清不流出的状态）称量过滤乳清后留下的凝乳质量。奶渣得率计算公式如下：

Y1（%）=M2/M1\*100%

其中Y1为奶渣的得率；M1为生牛乳质量；M2为奶渣质量。

（2）手撕奶酪从奶渣到低温烘干后的成品得率

计算从奶渣到成品手撕奶酪过程中的得率。计算公式如下：

Y2 (%) =M3/M2\*100%

其中Y2为从奶渣到成品手撕奶酪的得率；M3为成品手撕奶酪质量。

(3) 手撕奶酪总得率

计算从原料奶到成品手撕奶酪的总得率<sup>[12]</sup>。计算公式如下：

Y3 (%) =M3/M1\*100%

1.3.4 理化指标的检测方法

乳清及手撕奶酪中蛋白质的测定：参考《GB 5009.5—2016 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》<sup>[13]</sup>，采用凯氏定氮法。

乳清及手撕奶酪中脂肪的测定：参考《GB 5009.6—2016食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》<sup>[14]</sup>，采用碱水法。

1.3.5 感官及品质评定方法

选取20 名乳品行业有感官评价经验的专业人员对

成品手撕奶酪进行评价，评价指标及标准如表1所示。

2 结果与分析

2.1 酸化温度对手撕奶酪的影响

2.1.1 酸化温度对加工过程及得率的影响

在手撕奶酪制作过程中，酸化温度及速度和凝乳的温度控制对成品质地、口感、拉丝细腻程度等性状以及成品理化指标有显著影响，同时影响排乳清效率及蛋白质和脂肪的溶出及保留。在高温条件下，分子运动加快，酪蛋白胶束对酸的耐受非常敏感，因此在进行酸化时，酪蛋白胶束的解聚和聚集的过程都在短时间内完成，在加入凝乳酶之前发生明显酸诱导聚集，使凝乳酶在整体生产过程中的作用下降，导致最终手撕奶酪的网络机构相对无序，影响拉丝细腻程度及感官特性<sup>[17]</sup>。在相对低温条件下，酪蛋白胶束对酸敏感度显著下降，蛋白胶束的完整性可以保持相对较长的时间，胶束在升温过程中有相对充足的时间进行重组，酶诱导凝乳占比更大，同

表 1 成品手撕奶酪的感官评价指标及标准表<sup>[15, 16]</sup>  
Table 1 Sensory Evaluation Indicators and Standards for Finished Hand-torn Cheese

| 感官性状属性 | 描述                                 | 评分（分） |
|--------|------------------------------------|-------|
| 滋味和气味  | 味道过咸、味道过淡、有奶臭味、有异味                 | 1～3   |
|        | 咸淡适中、有奶香味、无异味                      | 4～6   |
|        | 咸淡适中，奶香味明显，有乳脂的香气                  | 7～10  |
| 整体组织特征 | 整体偏软，表皮不光滑，外表有黏腻感                  | 1～3   |
|        | 软硬适中，表面光滑度适中，外表干爽，截面有透明圈           | 4～6   |
|        | 软硬适中，表面光滑，外表干爽，截面颜色状态均一            | 7～10  |
| 拉丝细腻程度 | 单方向拉扯无拉丝，易断裂                       | 1～3   |
|        | 单方向拉扯能拉丝，拉丝较粗，掰开按压拉丝呈缕状，拉丝界面清晰     | 4～6   |
|        | 单方向拉扯拉丝明显，容易出丝，掰开按压拉丝呈缕状，粗丝间有蛛网状细丝 | 7～10  |
| 咀嚼感    | 粘口、状态较硬或者入口硬，咀嚼后散                  | 1～3   |
|        | 过于筋道、韧性过强、咀嚼较费力                    | 4～6   |
|        | 韧性适中，咀嚼感适中                         | 7～10  |
| 弹性     | 按压呈散装颗粒或者整体较硬                      | 1～3   |
|        | 拉丝后，丝受力则断，弹性弱或者无弹性                 | 4～6   |
|        | 拉丝后，丝受力任可部分延伸不断裂，按压回弹性好            | 7～10  |

时酶切作用发生在酸诱导变化相对温和、蛋白网络结构相对良好的基础上<sup>[17, 18]</sup>，最终手撕奶酪质地更结实、拉丝更细腻。

由图1可知，低温酸化的奶渣得率低于高温酸化的奶渣，可反推得出高温酸化的样品在初排乳清的过程中可以排出更多的乳清，说明前期快速、37℃酸化导致蛋白质收缩剧烈，持水力差，排乳清多，因此奶渣得率较低。图1显示，综合分析奶渣得率、奶渣到成品得率和总得率，表明37℃酸化的成品持水力相对较差，初排乳清过程较快，热烫折叠过程乳清损失少，总得率低；10℃酸化的成品持水力相对较好，初排乳清过程较慢，热烫折叠过程中乳清损失相对多，总得率高。

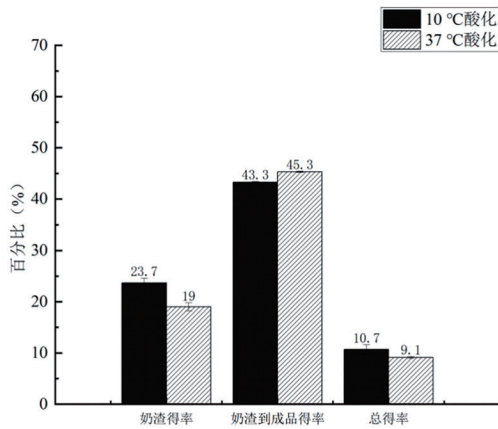


图 1 不同酸化温度对加工过程中得率的影响  
Figure 1 The Effect of Different Acidification Temperatures on Yield during Processing

初排乳清中的蛋白质及脂肪含量显示了两种不同工艺在排乳清过程中脂肪和蛋白质流失的量。由图2可知，低温酸化使成品的脂肪、蛋白质保留量更多。Ong等<sup>[19]</sup>指出，快速酸诱导形成的凝乳网络较脆弱且不规则，脂肪在搅拌拉伸过程中被乳清带出，在高温酸化过程中，凝乳酶在无序网络中作用不均，产生小分子酪蛋白肽并随乳清排出，导致高温酸化的成品脂肪和蛋白质含量均低于低温酸化成品。

2.1.2 酸化温度对手撕奶酪成品及感官品质的影响

由图3、图4可知，不同酸化温度对手撕奶酪

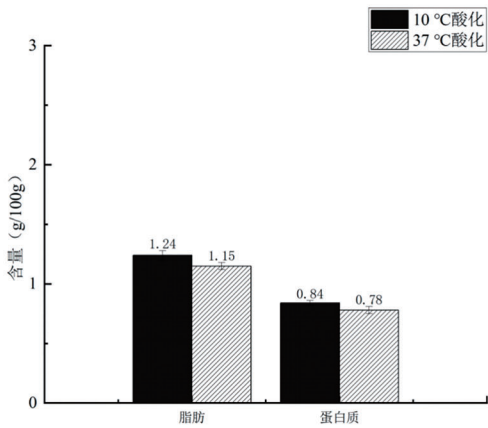


图 2 不同酸化温度对排出乳清中脂肪、蛋白质含量的影响  
Figure2 The Effects of Different Acidification Temperatures on the Content of Fat and Protein in the Excreted Whey

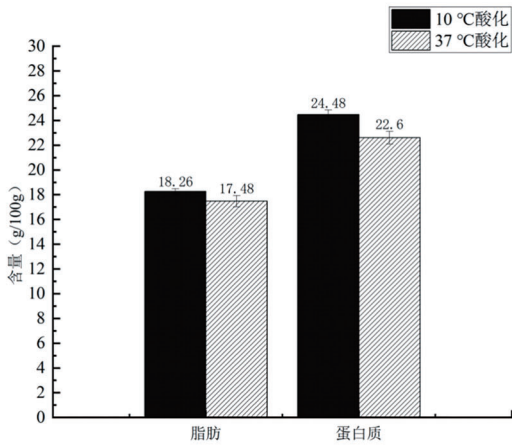


图 3 不同酸化温度对手撕奶酪脂肪、蛋白质含量的影响  
Figure 3 The Effects of Different Acidification Temperatures on the Fat and Protein Contents of Hand-torn Cheese

成品的脂肪、蛋白质含量以及感官品质均有影响。37℃酸化的成品脂肪、蛋白质均低于10℃酸化的成品，这是由于低温缓慢升温，可保留更多β-酪蛋白，在一定程度上减少酪蛋白碎片随乳清流失<sup>[19, 20]</sup>，整体结构中酪蛋白保留率高且酶诱导凝结占比大，酪蛋白网络致密也促进脂肪的稳定性和保留率，使成品可以较好保留脂肪<sup>[21, 22]</sup>且整体组织状态较好。10℃酸化的手撕奶酪成品软硬度适中，烘干后不易产生表面发黏的现象，且切面较均匀，

拉丝较细腻，出现明显网状丝缕结构，拉丝数量大于37 ℃酸化的成品且拉丝后弹性较好不易断裂。因此，最终确定10 ℃为手撕奶酪的最佳酸化工艺温度，在后续试验中优化工艺细节。

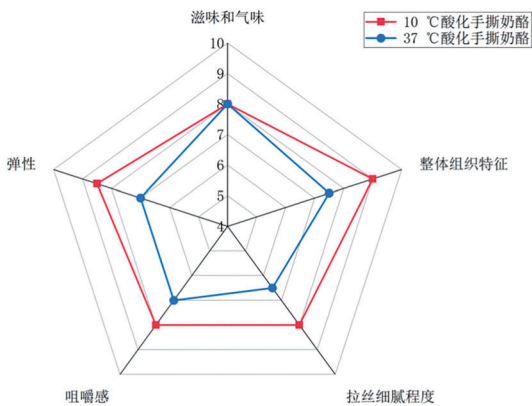


图 4 不同酸化温度对手撕奶酪感官品质的影响  
单位（分）

Figure 4 The Effect of Different Acidification Temperatures on the Sensory Quality of Hand-Torn Cheese (Score)

2.2 酸凝 pH 值对手撕奶酪的影响

在确定10 ℃为最佳酸化温度后，选择酸凝的pH值为4.5、5.0、5.5、6.0 4个梯度，探究不同pH值对低温酸凝手撕奶酪的影响。虽然低温状态可降低酪蛋白对酸的敏感度，但过低的pH值会导致酪蛋白分子间静电斥力最大化<sup>[23]</sup>，pH值在4.5左右时，在酪蛋白等电点附近，酸凝后会呈现豆腐渣状沉淀，且后续无法凝集，因此该pH值未纳入后续工艺参数的试验讨论范围；pH值在5.0左右时，会导致疏水聚集主导，钙桥交联不足<sup>[24, 25]</sup>，导致样品可以聚集，但呈现蜂窝状团块且无弹性，不可拉伸。

由图5、图6可知，酸凝pH值6.0的奶渣得率显著高于pH值5.5时，说明在同种工艺下，pH值6.0酸凝的成品乳清更难排出，奶渣含水量高，但在拉伸阶段乳清损失较高。pH值6.0酸凝成品的脂肪和蛋白质含量均高于pH值5.5的成品。研究表明，pH值在6.0时，静电斥力维持脂肪球分散，相对不易聚成大颗粒且凝乳收缩缓慢，脂肪球随乳清流失量低<sup>[26~28]</sup>。在成品蛋白质含量方面，pH值在6.0时凝乳酶活力相

对较高，但k-酪蛋白切割位点被钙屏蔽，大片段酪蛋白被牢固保留在凝块中，相较于pH值在5.5时酪蛋白被凝乳酶彻底切割，小肽更容易流失。

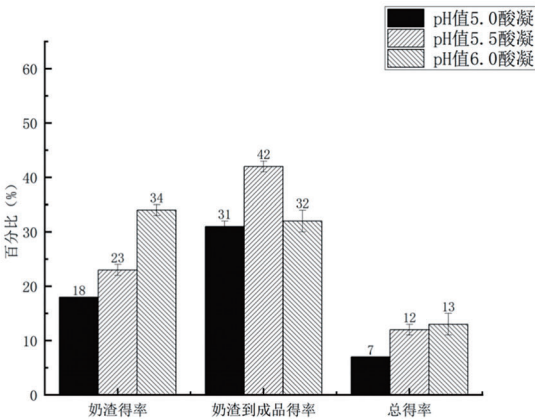


图 5 不同酸凝 pH 值对手撕奶酪得率的影响

Figure 5 The Effect of Different Acidification pH Values on the Yield of Hand-torn Cheese

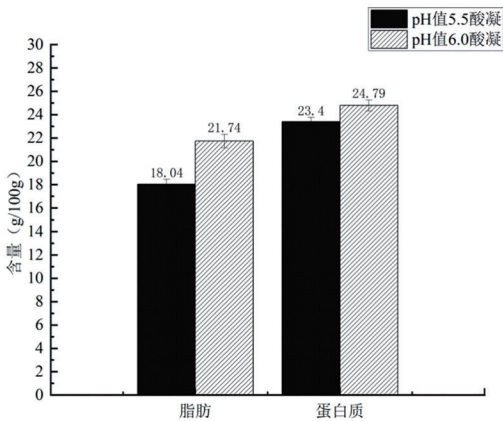


图 6 不同酸凝 pH 值对手撕奶酪脂肪、蛋白质含量的影响

Figure 6 The Effects of Different Acidification pH Values on the Fat and Protein Contents of Hand-torn Cheese

如图7所示，在感官评价方面，pH值6.0和pH值5.5酸凝的手撕奶酪成品在滋味和气味方面差异较小；在整体组织状态方面，pH值6.0的成品湿润度高，但略硬，且切面不细密，有小孔；在拉丝性、弹性、咀嚼感方面，pH值6.0的成品得分均低于pH值5.5的成品，pH值6.0的成品拉丝过程易断裂，弹性较差，入口咀嚼感低，质地不如pH值5.5的成品紧实，

拉丝回弹性好。因此，确定pH值5.5为酸凝的最佳工艺参数。

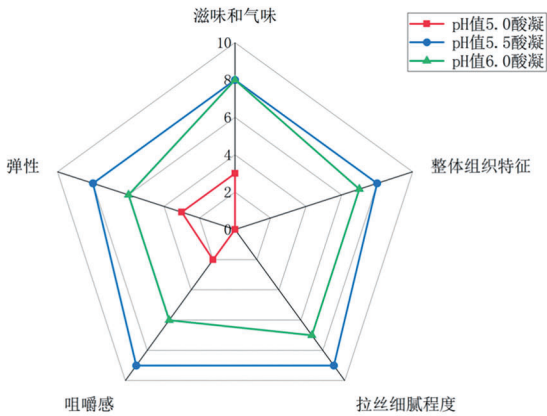


图 7 不同酸凝 pH 值对手撕奶酪感官品质的影响  
单位（分）

Figure 7 The Effect of Different Acidification pH Values on the Sensory Quality of Hand-Torn Cheese (Score)

2.3 拉伸过程中热烫温度对手撕奶酪的影响

由图8、图9可知，随拉伸过程中热烫温度升高，奶渣到成品得率、总得率、成品的脂肪含量均呈下降趋势，蛋白质含量随拉伸温度的增加呈上升趋势。周颖喆<sup>[10]</sup>、杜莹等<sup>[9]</sup>在研究中已证实拉伸过程中热烫温度越高、拉升程度越大，成品的蛋白质含量越高。Renda等<sup>[29]</sup>发现，热烫温度越低，蛋白质纤维撕裂越多，导致水分和脂肪流失量增加；苗颖等<sup>[30]</sup>研究显示，70℃拉伸的蛋白三维网络结构比

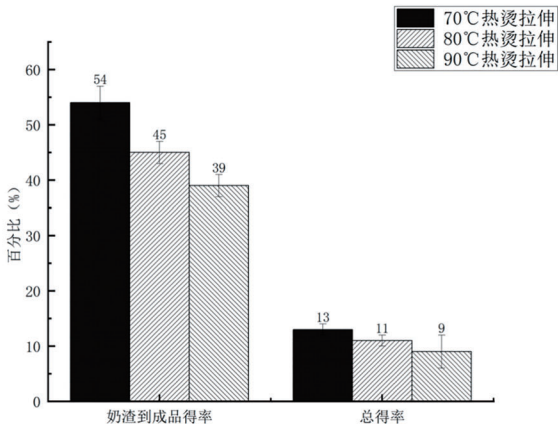


图 8 不同热烫温度对手撕奶酪得率的影响

Figure 8 The Effect of Different Steaming Temperatures on the Yield of Hand-torn Cheese

80~90℃拉伸的松散，80℃拉伸所得奶酪黏弹性最佳，90℃拉伸易出现结构坍塌，影响成品品质。

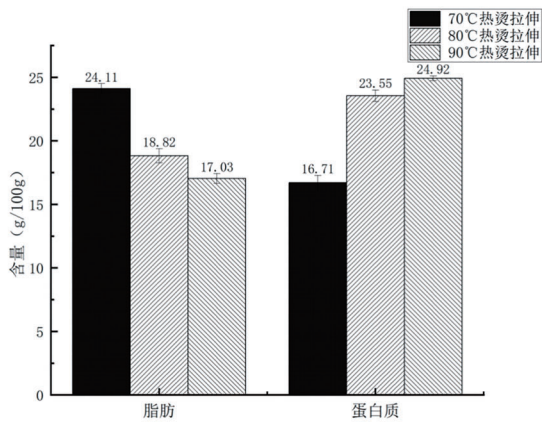


图 9 不同热烫温度对手撕奶酪脂肪、蛋白质含量的影响

Figure 9 The Effects of Different Steaming Temperatures on the Fat and Protein Contents of Hand-torn Cheese

由图10可知，在70、80、90℃热烫拉伸的手撕奶酪感官评价图较均衡，整体评分较高。在整体组织特征和弹性方面，80℃热烫的成品得分高于90℃热烫的成品，表明温度越高，成品整体状态越致密，因此在手撕或者切割前，90℃热烫的成品整体形状较好；但在咀嚼感、拉丝细腻程度方面，80℃热烫的成品得分高于90℃热烫的成品，这与相关研究结果一致<sup>[31]</sup>，过高温度拉伸导致蛋白

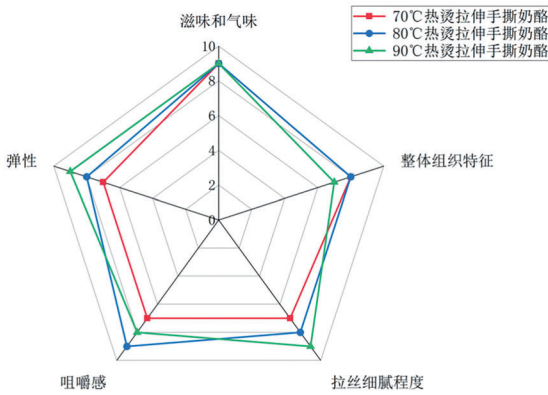


图 10 不同热烫温度对手撕奶酪感官品质的影响  
单位（分）

Figure 10 The Effect of Different Steaming Temperatures on the Sensory Quality of Hand-torn Cheese (Score)

过度聚集坍塌，同时高温会削弱氢键，增强疏水作用，使蛋白网络刚性增强，拉丝细腻程度降低。因此，确定80℃为热烫温度最佳工艺参数。

2.4 拉伸过程中拉伸折叠次数对手撕奶酪的影响

周颖喆<sup>[10]</sup>研究拉伸折叠次数与奶酪品质的关系发现，拉伸折叠次数过多和过少对奶酪的品质均有较大影响。拉伸折叠次数不足，蛋白结构网络疏松，交联不足导致整体偏软，但脂肪球可被初步包裹，降低脂肪流失率；拉伸折叠次数过高，蛋白网络结构过于致密，在一定程度上破坏蛋白网络，导致脂肪球聚集成大颗粒，在拉升折叠过程中随乳清排出<sup>[32]</sup>。由图11、图12可知，拉伸次数越少，在

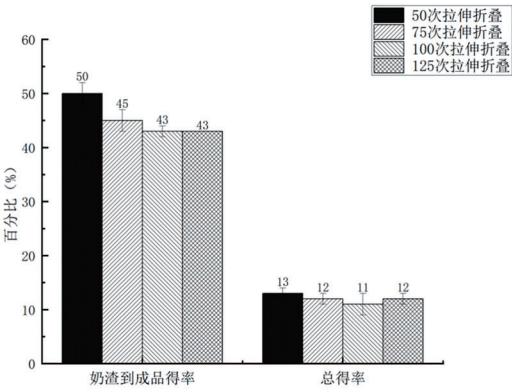


图 11 不同拉伸折叠次数对手撕奶酪得率的影响  
Figure 11 The Effect of Different Stretch-folding Times on the Yield of Hand-torn Chees

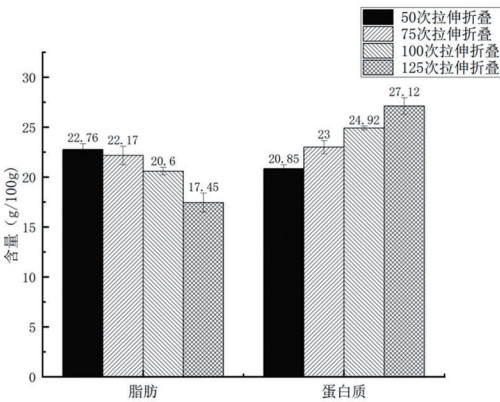


图 12 不同拉伸折叠次数对手撕奶酪脂肪、蛋白质含量的影响  
Figure 12 The Effects of Different Stretch-folding Times on the Fat and Protein Contents of Hand-torn Cheese

拉伸折叠过程中乳清排出越少，奶渣到成品得率越高，总得率也相对较高；随拉伸折叠次数的增加，成品脂肪含量呈下降趋势，蛋白质含量呈上升趋势，整体结论与周颖喆<sup>[10]</sup>的研究一致。

由图13可知，125次拉伸折叠的成品在5个评价因素中均为最低分，过度拉伸折叠不仅对成品形状和质构有影响，也会导致滋味和气味下降，这和过度拉伸折叠导致硬度上升、弹性下降以及脂肪流失过度有关；50次拉伸折叠时，因蛋白交联不足，整体较软，在弹性和咀嚼感方面弱于75、100次拉伸折叠成品。因此，确定拉伸折叠75次为最佳工艺参数。

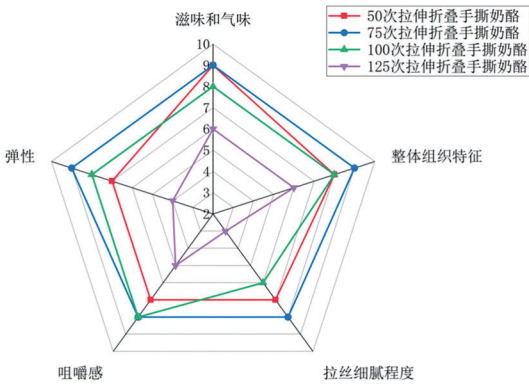


图 13 不同拉伸折叠次数对手撕奶酪感官品质的影响  
单位（分）  
Figure 13 The Effect of Different Stretch-folding Times on the Sensory Quality of Hand-torn Cheese (Score)

3 结论

酸化方式对手撕奶酪的排乳清、得率、感官有较大影响，低温酸化会使酪蛋白胶束敏感度降低，在手撕奶酪成品中保留更多脂肪和蛋白质，成品得率高于高温酸化的成品；在感官品质方面，低温酸化的成品软硬度适中，拉丝较细腻，更符合手撕奶酪的定义。

综上所述，生产手撕奶酪的最佳工艺参数为：低温酸化、酸化pH值为5.5、热烫温度为80℃、拉伸折叠次数为75次左右。采用上述各工艺参数制得的手撕奶酪成品可兼顾较高得率和较好的感官品质及质构特性。

参考文献

[1] Cotter P D, Everett D W, McSweeney P L H, et al.Cheese:

- Chemistry, physics and microbiology[M].London: Elsevier, 2004.
- [2] Mohd S A, Alias A K, Murad M, et al.A review of natural cheese and imitation cheese[J].Journal of Food Processing and Preservation, 2022, 46 (1) : e16112.
  - [3] 张莉娜.积极培育奶酪市场 树立奶业消费新观念[J].中国乳业, 2011 (7) : 2-9.
  - [4] Andrigo P, Spilimbergo S, Dewi B P C.Development of a novel robust approach for unveiling the stretchiness of cheese[J].Journal of Texture Studies, 2025, 56 (2) : e70012
  - [5] Dai S, Jiang F, Corke H, et al.Physicochemical and textural properties of Mozzarella cheese made with konjac glucomannan as a fat replacer[J].Food Research International, 2018, 107: 691-699.
  - [6] Kindstedt P S.Mozzarella cheese: 40 years of scientific advancement[J].International Journal of Dairy Technology, 2004, 57 (23) : 85-90.
  - [7] A.Lucey J.Some perspectives on the use of cheese as a food ingredient[J].Dairy Science and Technology, 2008, 88 (4-5) : 573-594.
  - [8] 齐雪峰, 王庆庆, 崔石伟, 等.不同发酵剂及储存方式对手撕奶酪品质的影响[J].中国乳品工业, 2026, 1-13.
  - [9] 杜莹, 赵玉明, 马玲.热烫拉伸温度对Mozzarella干酪蛋白降解及质构特性的影响[J].中国酿造, 2018, 37 (12) : 92-95.
  - [10] 周颖喆.热烫拉伸对马苏里拉奶酪理化及功能特性的影响[D].江南大学, 2015.
  - [11] 王琳, 王琼瑶, 李庆越, 等.不同凝乳方式加工的硬质奶酪特性分析[J].食品工业, 2023, 44 (3) : 15-19.
  - [12] 张杉杉, 简筱晴, 于丽亚, 等.乳清中不同热烫拉伸温度对马苏里拉奶酪品质的影响[J].乳业科学与技术, 2025, 48 (3) : 32-37.
  - [13] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理局.GB5009.5—2016 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定[S].
  - [14] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理局.GB5009.6—2016 食品安全国家标准 食品中脂肪的测定[S].
  - [15] 文冬雪, 陈小成, 何明锦, 等.荷斯坦牛奶和水牛奶不同配比对奶酪品质的影响[J].中国乳业, 2024 (6) : 115-119.
  - [16] 后鹏飞, 黄静, 罗丹, 等.响应面法优化原生马苏里拉干酪加工工艺[J].食品与发酵科技, 2021, 57 (6) : 43-48, 66.
  - [17] Mirsalami S M, Mirsalami M, Alihosseini A, et al.The distribution of rennet activity between the cheese aging process and whey is not influenced by the association of enzymes with caseins[J].Microelectronics Journal, 2024, 10 (11) : e32263.
  - [18] Cai H, Luo H, Scholten E, et al.Effect of chymosin/pepsin ratio on milk coagulation and physical properties of model cheese[J].Food Hydrocolloids, 2024, 156: 110257.
  - [19] Ong L, Dagastine R R, Auty M A E, et al.Coagulation temperature affects the microstructure and composition of full fat Cheddar cheese[J].Dairy Science and Technology, 2011, 91 (6) : 739-758.
  - [20] Yuan Z, Jun-Ke L I, Peng Z, et al.Effect of Low temperature microfiltration on the composition, micellar structure, and coagulation properties of bovine milk[J].Modern Food Science and Technology, 2017, 33 (7) : 90-96, 230.
  - [21] 聂蔚.Camembert干酪沥乳清特性分析[D].哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2010.
  - [22] Song B, Lu J, Hou Y, et al.Proteomic comparisons of caprine milk whole cream buttermilk whey and cheese whey cream buttermilk[J].Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2024, 72 (1) : 13.
  - [23] 闫清泉, 边燕飞, 赵中华, 等.浓缩酪蛋白胶束成分的影响因素及其在奶酪生产中的应用[J].粮油食品科技, 2023, 31 (3) : 106-111.
  - [24] 陈青, 王磊, 向琪瑞.低酰基结冷胶/酪蛋白酸钠复合凝胶特性影响因素分析[J].农业机械学报, 2015, 46 (6) : 226-232.
  - [25] Xia W, Zhang H, Ahrne L, et al.Acids-induced gels from mixtures of micellar casein and pea protein: Effect of protein ratio and preheating route[J].Food Hydrocolloids, 2024 (8) : 153.
  - [26] 陈娜, 刘显庭, 丁庆波, 等.凝乳方式对奶油干酪品质的影响[J].农业工程学报, 2013, 29 (2) : 287-291.
  - [27] 霍建新, 王燕, 原慧艳, 等.凝乳粒的pH值对融化干酪品质的影响[J].食品与发酵工业, 2015, 41 (3) : 86-90.
  - [28] 王鑫, 于景华, 赵亭亭, 等.基于乳脂肪球膜结构以提高液态乳体系的稳定性: 乳脂肪球膜构建机制综述[J].食品科学, 2025, 46 (2) : 308-316.
  - [29] Renda A, Barbano D M, Yun J J, et al.Influence of screw speeds of the mixer at low temperature on characteristics of Mozzarella cheese[J].Journal of Dairy Science, 1997, 80 (9) : 1901-1907.
  - [30] 苗颖, 赵征.拉伸温度对纤丝干酪流变学特性及微观结构的影响[J].现代食品科技, 2013, 29 (10) : 2358-2362, 2377.
  - [31] Vogt S J, Smith J R, Seymour J D, et al.Assessment of the changes in the structure and component mobility of Mozzarella and Cheddar cheese during heating[J].Journal of Food Engineering, 2015 (150) : 35-43.
  - [32] Feng R, Barjon S, van den Berg F W J, et al.Effect of residence time in the cooker-stretcher on Mozzarella cheese composition, structure and functionality[J].Journal of Food Engineering, 2021 (309) : 110690.