

不同巴氏杀菌处理对绵羊乳热加工特性的影响

吴仪凡¹, 宋宇轩², 张艳³, 安小鹏², 张磊², 王海燕¹, 赵丽丽¹, 葛武鹏^{1*}

(1. 西北农林科技大学食品科学与工程学院, 杨凌 712100; 2. 西北农林科技大学动物科技学院, 杨凌 712100;
3. 富平县检验检测中心(陕西省羊乳产品质量监督检验中心), 富平 711700)

摘 要: **目的** 探究绵羊液态乳的热加工特性。**方法** 以牛乳为对照, 分别通过低温长时杀菌((65±2)°C/30 min)、高温短时杀菌(85±2) °C/15 s)和超巴氏杀菌((121±2) °C/5 s)对绵羊乳进行杀菌处理, 分析 3 种巴氏杀菌方式对绵羊乳 pH 值、黏度、蛋白沉淀量、酪蛋白粒径、zeta 电位的影响, 评价其热稳定性。**结果** 相比于未处理组, 3 种巴氏杀菌处理均会显著增加绵羊乳 pH 值, 超巴氏杀菌处理会引起绵羊乳黏度及蛋白沉淀量显著增大($P < 0.05$); 在高温短时和超巴氏杀菌处理下, 绵羊乳酪蛋白粒径显著增加($P < 0.05$), 分别达到 185.33 nm 和 242.70 nm。不同巴氏杀菌绵羊乳间 Zeta 电位无显著性差异; 在同样处理条件下, 牛乳黏度、蛋白沉淀量及酪蛋白粒径变化程度均小于绵羊乳。**结论** 绵羊乳热加工特性较牛乳脆弱, 加工温度易引起品质劣变, 低温长时杀菌方式对绵羊乳的理化特性影响最小。

关键词: 绵羊乳; 巴氏杀菌; 热稳定性; 热加工特性

Effect of different pasteurization treatments on hot working characteristic of sheep milk

WU Yi-Fan¹, SONG Yu-Xuan², ZHANG Yan³, AN Xiao-Peng², ZHANG Lei², WANG Hai-Yan¹,
ZHAO Li-Li¹, GE Wu-Peng^{1*}

(1. College of Food Science and Engineering, Northwest A&F University, Yangling 712100, China; 2. College of Animal Science and Technology, Northwest A&F University, Yangling 712100, China; 3. Fuping County Inspection and Testing Center (Shaanxi Sheep milk Product Quality Supervision and Inspection Center), Fuping 711700, China)

ABSTRACT: Objective To explore the thermal processing characteristics of sheep milk. **Methods** Taking cow milk as a control, the sheep milk was sterilized at low temperature for a long time ((65±2) °C/30 min), short-term sterilization at high temperature (85±2) °C/15 s) and super pasteurization ((121±2) °C/5 s), the effects of the 3 pasteurization methods on the pH, viscosity, protein precipitation, casein particle size and zeta potential of the sheep milk were analyzed, and its thermal stability after the thermal treatments was evaluated. **Results** Compared with the untreated group, the pH value of sheep milk was significantly increased by the 3 types of pasteurization, and the viscosity and protein precipitation of sheep milk were significantly increased by the super-pasteurization treatment ($P < 0.05$). In the short time of high temperature and ultra-pasteurization treatment, the particle size of sheep milk casein increased significantly ($P < 0.05$) to 185.33 nm and 242.70 nm respectively. There was no significant difference in Zeta potential between different pasteurized sheep milk. Under the same treatment conditions, the cow milk viscosity, protein

基金项目: 合作共建金昌肉羊试验示范基地项目(K3320219064)

Fund: Supported by Co-construction of Jinchang Sheep Experimental Demonstration Base Project (K3320219064)

*通讯作者: 葛武鹏, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为乳制品加工与营养健康。E-mail: josephge@nwf.edu.cn

*Corresponding author: GE Wu-Peng, Ph.D, Professor, College of Food Science and Engineering, Northwest A & F University, Yangling 712100, China. E-mail: josephge@nw.edu.cn

precipitation and casein particle size changed less than sheep milk. **Conclusion** The thermal processing characteristics of sheep milk are weaker than cow milk, and the processing temperature is easy to cause quality deterioration. Low temperature and long sterilization have the least effect on the physicochemical properties of sheep milk.

KEY WORDS: sheep milk; pasteurization; thermal stability; hot working properties

1 引言

绵羊乳是一种营养特性独树一帜的特色小品种乳, 总乳固体高达 16%以上, 口感醇厚, 被誉为高端乳制品原料, 具有广阔市场前景^[1,2]。绵羊乳产业在我国是乳品市场一颗新星, 其加工制品很有潜力, 为羊乳产业增添了新动能^[3]。在发展绵羊乳产业上我国具有一定优势, 但由于起步较晚, 目前绵羊乳产业化发展几乎为零, 市场上绵羊乳加工制品相对匮乏, 因此液态绵羊乳可以为消费者提供新的选择。而热处理是各种液态乳加工中一个不可或缺的重要环节, 科学合理的热处理工艺是保证液态乳商品流通过程中质量稳定和符合卫生标准的必要条件^[4]。普通巴氏杀菌法是一种比较温和的热处理方法, 该方法可以杀灭绝大多数生鲜乳中的病原体 and 大多数腐败菌。超巴氏杀菌的杀菌效果可达到 99%以上, 有效控制乳中的微生物含量, 延长货架期^[5]。但热处理也会引起一些乳理化性质改变, 特别是某些热敏性营养成分(维生素、乳铁蛋白等)发生变化, 导致其营养价值及功能性成分受到影响^[6-10], 乳种、乳成分组成、乳的理化性质等诸多因素均会影响其热加工稳定性^[11]。绵羊乳与其他乳种在乳成分、理化性质等方面存在一定差异^[12,13], 绵羊乳热稳定性研究结果尚缺乏系统性资料。

本研究通过比较低温长时杀菌[(65±2) °C/30 min]、高温短时杀菌[(85±2) °C/15 s]、超巴氏杀菌[(121±2) °C/5 s] 处理对绵羊乳 pH 值、黏度、蛋白沉淀量、酪蛋白粒径、zeta 电位的影响, 分析不同杀菌处理方式对绵羊乳理化性质的影响, 探究绵羊乳与牛乳热稳定性差异, 为绵羊乳产业开发提供科学依据。

2 材料与方法

2.1 仪器与试剂

FG2 精密 pH 计、ME303 电子天平(瑞士梅特勒-托利多仪器公司); DHP-140 干燥箱(中仪国科科技有限公司); DHR-1 旋转流变仪(美国 Waters 公司); ZEN 3600 纳米激光粒度仪(俄罗斯 Malvern Instruments Limited 公司); UHT 中式生产线(上海沃迪科技有限公司)。

实验用水为 Milli-Q 超纯水。

2.2 实验方法

2.2.1 样品采集

新鲜绵羊乳采自甘肃省金昌市; 新鲜牛乳采自陕西

杨凌良种肉牛繁育中心。

2.2.2 样品处理

新鲜绵羊乳及新鲜牛乳分别进行低温长时杀菌处理(65±2) °C/30 min, 高温短时杀菌处理(85±2) °C/15 s 和超巴氏杀菌处理(121±2) °C/5 s, 处理后测定相关指标。

2.2.3 pH 值测定

利用 pH 计在室温下测定各实验组绵羊乳及牛乳 pH 值。

2.2.4 蛋白沉淀量测定

准确称取不同实验样品 10.00 g (m_1), 3000×g 离心 30 min, 取下层沉淀于(100±2) °C烘至恒重, 测定其干重 m_2 , 蛋白沉淀量= m_2/m_1 。

2.2.5 黏度测定

取 1.5~2 mL 乳样于室温下, 测定样品在剪切速率在 0~600/s 范围内的黏度, 以 6 s 为间隔系数。

2.2.6 酪蛋白粒径及 zeta 电位测定

取 30 mL 乳样在 4 °C、5000 r/min 离心 30 min, 弃去上层脂肪, 取下层蛋白溶液(重复 2 次)。将得到的蛋白溶液与蒸馏水以 $V_{\text{样}}:V_{\text{水}}=1:500$ 混合, 过 0.45 μm 滤膜, 样品池选用 DTS0012 测定酪蛋白粒径, 将得到的蛋白溶液与蒸馏水以 $V_{\text{样}}:V_{\text{水}}=1:50$ 混合, 过 0.45 μm 滤膜, 样品池选用 DTS1070 测定 Zeta 电位, 每个样品平行测定 3 次。

2.2.7 数据处理

结果以平均值±标准差($\bar{x} \pm s$), 利用 SPSS 18.0 软件对数据进行单因素方差分析(analysis of variance, ANOVA)、最小显著差检验(least significant difference, LSD 多重比较, 显著水平设为 $P < 0.05$)。

3 结果与分析

3.1 巴氏杀菌处理对绵羊乳 pH 值的影响

pH 值对乳稳定性具有很大影响, 不恰当的 pH 值变化会导致酪蛋白胶束中的 κ -酪蛋白发生降解, 破坏酪蛋白胶束, 最终影响蛋白聚合体体系稳定性^[14]。3 种巴氏杀菌均能引起绵羊乳、牛乳 pH 值升高, 高温短时处理后, pH 值均显著高于未处理组($P < 0.05$), 但二者 pH 值变化幅度均较小, 基本在 0.1 个单位左右, 结果如表 1 所示, 可能是因为热处理会减少乳中溶解的 CO_2 , 此外, 剧烈热处理也会在一定程度上造成乳糖降解产酸^[15]。相同处理条件下, 牛乳 pH 值略高于绵羊乳, 该结果与文献中报道羊乳较牛乳的 pH 值较低一致^[15], 这可能与不同乳种的蛋白及脂肪等结构不尽相同有关^[15,16]。

表 1 不同巴氏杀菌处理对绵羊乳和牛乳 pH 值的影响($n=3$)
Table 1 Effects of different pasteurization treatments on pH of sheep milk and cow milk ($n=3$)

分组	绵羊乳	牛乳
未处理	6.54 ± 0.010^a	6.58 ± 0.015^a
$(65\pm2)^\circ\text{C}/30\text{ min}$	6.56 ± 0.006^b	6.60 ± 0.000^a
$(85\pm2)^\circ\text{C}/15\text{ s}$	6.61 ± 0.006^c	6.68 ± 0.006^b
$(121\pm2)^\circ\text{C}/5\text{ s}$	6.63 ± 0.010^d	6.69 ± 0.010^b

注: 同列字母不同表示差异显著, $P<0.05$ 。

3.2 巴氏杀菌处理对绵羊乳黏度及流变性的影响

黏度是受热处理影响的重要指标之一, 流变性是鉴别、控制食品质量的指标之一^[17]。热处理会在一定程度上使得乳清蛋白变性和酪蛋白空间结构等发生改变, 增加总固形物。此外, 蛋白质和糖类还会促进水合作用, 一系列变化使得乳的黏度和流变学特性发生改变^[17-19]。一定高温会破坏酪蛋白, 改变胶束间的静电斥力, 破坏体系中的氢键, 部分酪蛋白疏水性增强, 与乳清蛋白结合形成酪蛋白胶束从而使其具有强烈的凝聚趋向^[20-23]。

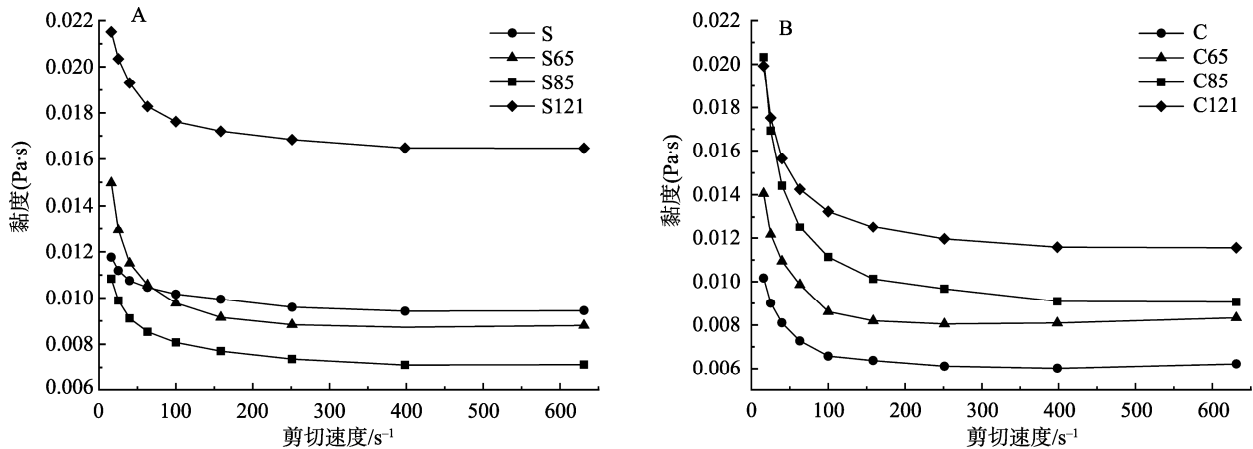
如图 1 所示, 绵羊乳、牛乳黏度随剪切速率的增加逐渐减小, 相同剪切速率下, 新鲜牛乳黏度略低于绵羊乳, 且牛乳黏度随热处理温度升高而升高。普通巴氏杀菌处理对绵羊乳黏度影响较小, 超巴氏杀菌处理绵羊乳黏度显著高于其他处理组, 这与华欣春等^[18]在文献中所报道的结果基本一致, 普通巴氏杀菌处理对乳黏度影响较小, 而超巴氏杀菌乳黏度显著大于未处理组乳, 这可能是由于普通巴氏杀菌不足以破坏大量酪蛋白, 而超巴氏杀菌可使大量酪蛋白空间结构等发生改变, 发生聚合效应, 在一定程度上增加乳蛋白间凝聚力。

3.3 巴氏杀菌对蛋白沉淀量的影响

蛋白沉淀量可以直接体现出乳蛋白在热处理过程中的聚集情况^[24]。由图 2 可知, 绵羊乳蛋白沉淀量受热处理条件影响较大, 低温长时杀菌处理后绵羊乳蛋白沉淀量有所增加, 超巴氏杀菌处理后绵羊乳蛋白沉淀量成倍增加, 达到 2.5% 以上。而高温短时杀菌处理后的绵羊乳与未处理的绵羊乳相比几乎无变化。说明绵羊乳的蛋白沉淀量同时受处理温度和处理时间的影响。与绵羊乳类似, 热处理同样对汉麻乳及豆乳的沉淀量有一定的影响^[24,25]。牛乳经过不同的热处理后, 其蛋白沉淀量无显著变化。

3.4 巴氏杀菌处理对绵羊乳酪蛋白粒径及 zeta 电位的影响

酪蛋白粒径可反映出乳蛋白的聚集程度^[24], 由表 2 可知, 相比于未处理组, 除低温长时杀菌会使绵羊乳和牛乳酪蛋白粒径有所减小外, 其余巴氏杀菌均可引起绵羊乳和牛乳酪蛋白粒径增大, 特别是在超巴氏杀菌处理后, 绵羊乳酪蛋白粒径显著增大 ($P < 0.05$), 达到 242.70 nm。这与 Anema 等^[26]研究结果基本一致, 这可能是由于高温使得乳清蛋白变性, 且沉积于酪蛋白胶束表面的蛋白分子聚集程度增加, 导致绵羊乳酪蛋白粒径显著增大, 同时使得蛋白胶束间易发生聚集, 形成沉淀, 与超巴氏杀菌处理下绵羊乳蛋白沉淀量显著高于未处理组的结果相对应^[14]。牛乳经超巴氏杀菌处理后, 酪蛋白粒径大于未处理牛乳, 但变化幅度远小于绵羊乳, 这可能是因为绵羊乳和牛乳蛋白胶束微观结构不同, 受温度影响不同。低温长时处理后的绵羊乳和牛乳酪蛋白粒径略有减小可能是由于在该处理强度下, 乳中酪蛋白胶束表面的 κ 酪蛋白单体发生了解离^[13]。



注: S、C: 未经处理的绵羊乳、牛乳; S65、C65: 低温长时杀菌处理后的绵羊乳、牛乳; S85、C85: 高温短时杀菌处理后的绵羊乳、牛乳; S121、C121: 超巴氏杀菌处理后的绵羊乳、牛乳。

图 1 绵羊乳(A)和牛乳(B)黏度随剪切速率的变化曲线

Fig.1 Viscosity versus shear rate curves of sheep milk (A) and cow milk (B)

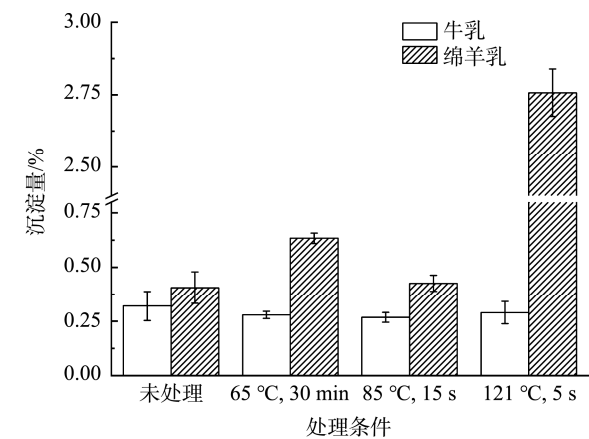


图 2 巴氏杀菌处理对绵羊乳和牛乳离心沉淀量的影响($n=3$)
Fig.2 Effect of pasteurization treatment on centrifugal sedimentation of sheep milk and cow milk($n=3$)

Zeta 电位是胶体稳定性的评价指标之一,它是溶液中带电微粒双层中剪切面的电势^[24]。由表 2 所知,巴氏杀菌使得绵羊乳和牛乳的 zeta 电位绝对值增加,这与孙琦的研究结果一致,可能是变性乳清蛋白通过二硫键与 κ 酪蛋白

相互作用,从而附着在酪蛋白胶体表面,强化了酪蛋白胶体之间空间位阻效应,导致胶体表面电势增加,稳定性也随之提高^[4]。

4 结 论

低温长时杀菌、高温短时杀菌及超巴氏杀菌对绵羊乳理化性质影响程度不同。这 3 种巴氏杀菌方式均可使绵羊乳 pH 值显著高于未处理组,高温短时杀菌和超巴氏杀菌对绵羊乳 pH 的影响程度大于低温长时杀菌。相比于未处理组,低温长时杀菌和高温短时杀菌对绵羊乳黏度及蛋白沉淀量影响不大,超巴氏杀菌处理可引起绵羊乳黏度、蛋白沉淀量显著升高。高温短时处理和超巴氏杀菌处理使得绵羊乳酪蛋白粒径显著大于未处理组($P < 0.05$),分别达到 197.70、242.70 nm。不同巴氏杀菌绵羊乳间 Zeta 电位无显著性差异。牛乳在相同处理下,其黏度、蛋白沉淀量及酪蛋白粒径等指标变化均小于绵羊乳。因此,可初步说明绵羊乳热加工特性较牛乳脆弱,加工温度易引起品质劣变,低温长时杀菌方式对绵羊乳理化特性影响最小。

分组	酪蛋白粒径/nm		Zeta 电位/mV	
	牛乳	绵羊乳	牛乳	绵羊乳
未处理	157.43±1.31 ^b	161.80±2.04 ^c	-23.87±0.47 ^a	-21.73±0.78 ^a
(65±2) °C/ 30 min	142.10±2.07 ^c	158.27±1.54 ^c	-25.60±0.98 ^{ab}	-24.60±0.40 ^b
(85±2) °C/15 s	197.70±3.64 ^a	185.33±2.22 ^b	-26.80±0.44 ^{bc}	-25.03±0.46 ^b
(121±2) °C/5 s	193.83±0.67 ^a	242.70±4.86 ^a	-27.93±0.67 ^c	-25.50±1.10 ^b

注: 同列字母不同表示差异显著, $P<0.05$ 。

参考文献

[1] Moatsou G, Sakkas L. Sheep milk components: Focus on nutritional advantages and biofunctional potential [J]. Small Rumin Res, 2019, 180: 86–99.

[2] Balthazar CF, Pimentel TC, Ferr OLL, *et al.* Sheep milk: Physicochemical characteristics and relevance for functional food development [J]. Comprehens Rev Food Sci Food Saf, 2017, 16(2): 247–262.

[3] 宋宇轩, 安小鹏, 张磊, 等. 奶绵羊产业概况及中国奶绵羊产业的前景分析[J]. 中国乳业, 2019, (8): 16–21.
Song YX, An XP, Zhang L, *et al.* Overview of the dairy industry and prospect analysis of the Chinese dairy industry [J]. China Dairy, 2019, (8): 16–21.

[4] 孙琦. 牛乳热加工特性及其盐类平衡的研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2012.
Sun Q. Research on thermal processing characteristics and salt balance of cow milk [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2012.

[5] 张安琪, 王玉莹, 李瑞, 等. 超巴氏杀菌对牛乳酪蛋白微观结构及凝聚

性质的影响[J]. 食品科学, 2020, 41(3): 106–110.

[6] Zhang AQ, Wang YY, Rui R, *et al.* The effect of ultra-pasteurization on the microstructure and aggregation properties of bovine cheese protein [J]. Food Sci, 2020, 41(3): 106–110.

[7] Liu HY, Irina B, Mike W, *et al.* Kinetic modelling of the heat stability of bovine lactoferrin in raw whole milk [J]. J Food Eng, 2020, 280: 109977.

[8] Deeth HC, Lewis MJ. High temperature processing of milk and milk products [M]. New Jersey: Wiley balckwell, 2017.

[9] 赵春卉, 项爱丽, 张立田, 等. 乳制品热处理强度评价方法研究进展 [J]. 中国奶牛, 2018, (7): 63–65.
Zhao CH, Xiang AL, Zhang LT, *et al.* Research progress on evaluation methods of heat treatment strength of dairy products [J]. China Dairy Cow, 2018, (7): 63–65.

[10] 张雪喜. 羊乳乳清蛋白的热变性作用及其微观特性和功能性性质研究 [D]. 济南: 齐鲁工业大学, 2018.
Zhang XY. Study on the thermal denaturation, microscopic and functional properties of goat milk whey protein [D]. Jinan: Qilu University of Technology, 2018.

- [10] 王喜波, 张安琪, 王玉莹, 等. 巴氏杀菌和超巴氏杀菌对牛乳清蛋白结构及热稳定性的影响[J]. 农业工程学报, 2019, 35(6): 307–313.
Wang XB, Zhang AQ, Wang YY, *et al.* Effects of pasteurization and super pasteurization on the structure and thermal stability of bovine whey protein [J]. J Agric Eng, 2019, 35(6): 307–313.
- [11] 李启明. 乳成分和乳蛋白的多态性对牦牛乳热稳定性的作用[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2015.
Li QM. The effect of milk component and milk protein polymorphism on the thermal stability of yak milk [D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2015.
- [12] Wendorff WL, George FWH. Sheep milk-composition and nutrition [M]. New York: John Wiley & Sons Ltd, 2017.
- [13] Mayer HK, Fiechter G. Physical and chemical characteristics of sheep and goat milk in Austria [J]. Int Dairy J, 2012, 24(2): 57–63.
- [14] 陈笛, 王存芳. 不同因素对羊奶热稳定性的影响机理研究现状[J]. 中国乳品工业, 2017, 45(12): 30–33.
Chen D, Wang CF. Studies on the mechanism of different factors affecting the thermal stability of goat milk [J]. China Dairy Ind, 2017, 45(12): 30–33.
- [15] 赵丽丽. 羊乳热稳定性及凝胶特性的研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2014.
Zhao LL. Study on thermal stability and gel properties of goat milk [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2014.
- [16] 李晶. pH-热诱导羊乳的热稳定性及乳蛋白的结构和功能特性研究[D]. 济南: 齐鲁工业大学, 2018.
Li J. Study on the thermal stability and structure and functional characteristics of pH-heat-induced goat milk [D]. Jinan: Qilu University of Technology, 2018.
- [17] 曾羲. 搅拌型酸乳的流变学分析[J]. 轻工科技, 2018, 34(3): 8–9.
Zeng X. Rheological analysis of stirred yoghurt [J]. Light Ind Sci Technol, 2018, 34(3): 8–9.
- [18] 华欣春, 曲鹏, 王彩云. 牛乳加工中热稳定性的研究进展[J]. 中国乳品工业, 2018, 46(10): 27–31.
Hua XC, Qu P, Wang CY. Research progress of thermal stability in milk processing [J]. China Dairy Ind, 2018, 46(10): 27–31.
- [19] Park YW. Rheological characteristics of goat and sheep milk [J]. Small Rumin Res, 2007, 68(1): 73–87.
- [20] Yang M, Zhang WB, Wen PC, *et al.* Heat stability of yak micellar casein as affected by heat treatment temperature and duration [J]. Dairy Sci Technol, 2014, 94(5): 469–481.
- [21] 王立枫. 牦牛乳清蛋白热变性机制及乳蛋白的热凝聚作用[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2018.
Wang LF. Thermal denaturation mechanism of yak whey protein and thermal aggregation of milk protein [D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2018.
- [22] 李飞. 热处理对乳蛋白质的影响[J]. 北京联合大学学报(自然科学版), 2015, 29(1): 35–40.
Li F. Effect of heat treatment on milk protein [J]. J Beijing Union Univ (Nat Sci Ed), 2015, 29(1): 35–40.
- [23] 王辉, 孙琦, 刘鹭, 等. 热处理对牛乳中盐类组分及酪蛋白胶体特性的影响[J]. 食品科学, 2012, 33(23): 75–78.
Wang H, Sun Q, Liu L, *et al.* Effect of heat treatment on salt components and colloidal properties of casein in cow's milk [J]. Food Sci, 2012, 33(23): 75–78.
- [24] 朱秀清, 王子玥, 李美莹, 等. 热处理对汉麻乳稳定性的影响及蛋白结构表征[J/OL]. 食品科学, 2020, 1–9. <http://www.spkx.net.cn/CN/abstract/abstract50054.shtml>
Zhu XQ, Wang ZY, Li MY, *et al.* Effect of heat treatment on the stability of hemp milk and protein structure characterization [J/OL]. Food Sci, 2020, 1–9. <http://www.spkx.net.cn/CN/abstract/abstract50054.shtml>
- [25] 邢霁云, 王雅卉, 彭星云, 等. 豆乳中不溶性聚集体形成的研究[J]. 食品科技, 2016, (12): 40–44.
Xing JY, Wang YH, Peng XY, *et al.* Research on the formation of insoluble aggregates in soy milk [J]. Food Sci Technol, 2016, (12): 40–44.
- [26] Anema SG, Lowe EK, Lee SK. Effect of pH at heating on the acid-induced aggregation of casein micelles in reconstituted skim milk [J]. LWT-Food Sci Technol, 2004, 37(7): 779–787.

(责任编辑: 韩晓红)

作者简介



吴仪凡, 硕士研究生, 主要研究方向为乳品科学。
E-mail: 2465658902@qq.com



葛武鹏, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为乳制品加工与营养健康。
E-mail: josephge@nwfufu.edu.cn