

# 超高压杀菌处理对鲜驼乳品质的影响

刘康玲, 吴楠, 王玉荣, 折米娜, 双全\*

(内蒙古农业大学 食品科学与工程学院, 内蒙古 呼和浩特 010018)

**摘要:**采用不同条件(压力、时间、样品温度)的超高压方式对鲜驼乳进行处理,并对超高压处理前后鲜驼乳的微生物、酸度、色泽以及滋味进行测定及分析。结果表明,超高压处理对鲜驼乳有着明显的杀菌效果,随着处理压力的增大,鲜驼乳中的菌落总数逐渐减少,其中600 MPa/5 min的超高压处理杀菌效果最好;经超高压处理后鲜驼乳的酸度降低,除了样品温度为20℃和60℃的处理外,其余各处理均使酸度显著降低( $P < 0.05$ );随着处理压力的升高、保压时间的延长及样品温度的升高,驼乳的色泽整体无明显变化;超高压处理后鲜驼乳的酸味、苦味和涩味显著降低( $P < 0.05$ ),而咸味和鲜味显著上升( $P < 0.05$ ),且基本味间存在一定的相关性。

**关键词:**鲜驼乳;超高压;品质;滋味;色泽

**Effect of Ultra High Pressure Sterilization on Quality of Fresh Camel Milk**

LIU Kang-ling, WU Nan, WANG Yu-rong, SHE Mi-na, SHUANG Quan\*

(College of Food Science and Engineering, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, Inner Mongolia, China)

**Abstract:** Fresh camel milk was treated by ultra high pressure method with different conditions (pressure, time and sample temperature). The microbial, acidity, color and taste of fresh camel milk before and after ultra high pressure treatments were measured and analyzed. The results showed that the ultra high pressure treatment had obvious bactericidal effect on fresh camel milk. With the increase of treatment pressure, the total plate count in fresh camel milk gradually decreased, and the ultra high pressure treatment of 600 MPa/5 min had the best bactericidal effect; after ultra high pressure treatments, the acidity of fresh camel milk decreased, except for the sample temperature of 20℃ and 60℃ treatments, the other treatments significantly reduced the acidity ( $P < 0.05$ ); with the increase of treatment pressure, holding time and sample temperature, the color of camel milk did not change significantly; after the ultra high pressure treatments, the sourness, bitterness and astringency of fresh camel milk were significantly decreased ( $P < 0.05$ ), while the saltiness and umami increased significantly ( $P < 0.05$ ), and there was a certain correlation between the basic tastes.

**Key words:** fresh camel milk; ultra high pressure; quality; taste; color

引文格式:

刘康玲, 吴楠, 王玉荣, 等. 超高压杀菌处理对鲜驼乳品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(5): 158-163

LIU Kangling, WU Nan, WANG Yurong, et al. Effect of Ultra High Pressure Sterilization on Quality of Fresh Camel Milk[J]. Food Research and Development, 2020, 41(5): 158-163

基金项目: 国家自然科学基金地区科学基金项目(31460443); 内蒙古自治区科技创新引导奖励资金项目(KCBJ2018011)

作者简介: 刘康玲(1993—), 女(汉), 硕士研究生, 研究方向: 食品生物技术。

\* 通信作者: 双全(1964—), 男(蒙古), 教授, 博士, 研究方向: 食品生物技术。

骆驼乳是荒漠和半荒漠地区的重要奶源之一, 内蒙古西部、甘肃、新疆、青海等地是我国骆驼乳的主要生产地区。骆驼乳作为干旱荒漠地区居民的传统饮品, 有着“沙漠白金”的美誉。现代科学认为, 骆驼乳营养丰富, 含有多种生物活性因子和药用成分, 具有调节免疫功能、抗菌消炎等功效, 并对消化系统疾病、糖

尿病、肾病等疾病有辅助治疗作用<sup>[1]</sup>。近十几年来,随着社会经济的发展、乳业科技的进步以及国民保健意识的增强,消费者对驼乳及驼乳制品的需求日益升温,驼乳已然成为乳品开发的热点<sup>[2]</sup>。

目前,国内外对鲜乳的杀菌主要采用巴氏杀菌、超高温瞬时处理(ultra high temperature treated,UHT)杀菌等热力杀菌法,这些方法会导致食品品质劣变和营养物质损失<sup>[3]</sup>,而且热处理后鲜乳会有“蒸煮味”出现<sup>[4]</sup>。超高压(ultra high pressure,UHP)是一种冷杀菌技术,即在常温或低温的条件下,利用100 MPa~1 000 MPa的压力,使食品中的酶、蛋白质和核酸等生物大分子改变活性、变性及构象改变,以此来达到杀菌、灭酶和改善食品品质的目的<sup>[5]</sup>。对于热敏性产品来说,超高压技术是首选的加工技术,它能够减少食品营养物质的损失,最大限度地保留食品的营养成分及感官品质。

本试验以鲜驼乳为研究对象,采用不同处理压力、保压时间以及样品温度的超高压处理,以未处理的鲜驼乳为对照,对鲜驼乳的菌落总数、酸度、色泽以及滋味进行测定分析,探究超高压技术对鲜驼乳品质的影响,为鲜驼乳的开发及利用提供理论依据以及一定的数据支持。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与试剂

鲜驼乳,由内蒙古阿拉善盟阿拉善左旗金戈壁驼奶农牧业专业合作社提供;平板计数琼脂(plate count agar,PCA)培养基:广东环凯微生物科技有限公司;氯化钠、氢氧化钠、酚酞、邻苯二甲酸氢钾、氯化钾、酒石酸、乙醇、盐酸、氢氧化钾:国药集团化学试剂有限公司,均为分析纯。

### 1.2 仪器与设备

HPP 600M Pa/30L 超高压设备:包头市科发高压科技有限责任公司;SW-CJ-2D 双人单面垂直净化工作台:苏州安泰空气技术有限公司;SPX-150B-Z 生化培养箱:上海博迅实业有限公司;MLtraScan XE 色度仪:美国 Hunterlab 公司;SA 402B 电子舌:日本 Insent 公司。

### 1.3 方 法

#### 1.3.1 超高压杀菌处理

将鲜驼乳样品装入聚乙烯塑料瓶中,每瓶约装120 mL,密封,放置于超高压处理装置的压力腔内,以水为高压介质,在常温下,对鲜驼乳进行不同条件的超高压处理,每个处理设3个平行。空白对照为常压下未经处理的鲜驼乳,所有样品应尽快完成各项指标的检测。

对不同超高压处理后的鲜驼乳样品进行编号,样品编号及处理条件见表1。

表1 不同超高压处理后鲜驼乳样品的编号  
Table 1 The sample code of fresh camel milk after different ultra high pressure treatments

样品编号	处理压力/MPa	保压时间/min	样品温度/℃
A	对照		4
B1	400	5	4
B2	400	10	4
B3	400	15	4
C	500	5	4
D	600	5	4
T1	400	5	20
T2	400	5	40
T3	400	5	60

#### 1.3.2 菌落总数的测定

菌落总数采用平板计数法进行测定,具体方法参照国标 GB 4789.2-2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定》<sup>[6]</sup>。菌落总数致死率的计算公式如(1)所示:

$$\text{致死率}/\% = \frac{\text{未处理样品的菌落总数} - \text{处理后样品的菌落总数}}{\text{未处理样品的菌落总数}} \times 100 \quad (1)$$

#### 1.3.3 酸度的测定

酸度采用酚酞指示剂法进行测定,具体方法参照国标 GB 5009.239-2016《食品安全国家标准 食品酸度的测定》<sup>[7]</sup>。

#### 1.3.4 色泽的测定

将超高压处理前后的鲜驼乳样品振荡混匀后装入比色皿(50 mm×50 mm)中,使用色度仪对各个样品的色度进行测定,测试模式设定为反射,样品的色度由L<sup>\*</sup>、a<sup>\*</sup>、b<sup>\*</sup>3个参数表示:L<sup>\*</sup>值代表亮度(暗→亮:0→100),a<sup>\*</sup>值代表色泽的红/绿度(绿→红+),b<sup>\*</sup>值代表色泽的黄/蓝度(蓝→黄+),总体色泽变化由ΔE表示,ΔE越大说明样品的色泽变化程度越大,观察起来越明显。色差计算公式如(2)所示:

$$\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (2)$$

其中:ΔL<sup>\*</sup>=L<sup>\*</sup>-L<sub>0</sub><sup>\*</sup>;Δa<sup>\*</sup>=a<sup>\*</sup>-a<sub>0</sub><sup>\*</sup>;Δb<sup>\*</sup>=b<sup>\*</sup>-b<sub>0</sub><sup>\*</sup>。

式中:L<sup>\*</sup>为样品亮度值;L<sub>0</sub><sup>\*</sup>为对照亮度值;b<sup>\*</sup>为样品黄/蓝度值;b<sub>0</sub><sup>\*</sup>为对照黄/蓝度值;a<sup>\*</sup>为样品红/绿度值;a<sub>0</sub><sup>\*</sup>为对照红/绿度值。

#### 1.3.5 滋味的测定

1)量取30 mL超高压处理前后的鲜驼乳样品于150 mL锥形瓶中,加60 mL去离子水稀释3倍,在3 000 g的条件下常温(20℃)离心10 min,取70 mL上

清液备用。

2) 活化酸、苦、涩、咸、鲜味传感器以及参比电极,活化时间为 24 h。

3) 样品测定时将鲜驼乳上清液均匀地倒在 2 个样品杯中,电子舌进行自检和诊断后,样品滋味的测定参照王玉荣等<sup>[9]</sup>的方法进行测定。

4) 每个样品重复测定 4 次,为了减少系统误差,处理数据时删去第 1 次测定的数据,选取后 3 次测量的数据作为后续研究分析的原始数据。

### 1.3.6 数据处理与统计

试验数据计算平均值和标准偏差,使用统计分析软件 SPSS17.0 对数据进行显著性分析 ( $P \leq 0.05$ ),图像绘制采用 Excel 和 Origin 8.5 软件。

## 2 结果与分析

### 2.1 超高压杀菌处理对鲜驼乳菌落总数的影响

超高压灭菌的原理在于压力使得微生物的细胞形态、组织结构以及遗传机制等发生改变,其对微生物的破坏作用主要集中在细胞膜和细胞壁<sup>[9]</sup>。研究发现,压力会导致细胞膜的结构发生改变,进而使得一些生物大分子的高级结构被破坏,比如蛋白质变性,酶活性被抑制或失活,DNA 等遗传物质构象发生改变等,最终导致了微生物的死亡<sup>[10-11]</sup>,达到杀菌的目的。

在常温下,对鲜驼乳样品分别进行不同压力、不同时间以及不同样品温度的超高压处理,以未处理的鲜驼乳作为对照,测定超高压处理前后鲜驼乳的菌落总数,结果见表 2。

表 2 不同超高压处理对鲜驼乳菌落总数的影响

Table 2 Effect of different ultrahigh pressure treatments on total plate count in fresh camel milk

样品编号	菌落总数(CFU/mL) (A 为 $9.0 \times 10^5$ )		
	残留菌落数(CFU/mL)	残留菌 lgN	致死率/%
B1	$1.8 \times 10^5$	5.26	80.00
B2	$1.4 \times 10^5$	5.15	84.44
B3	$3.9 \times 10^4$	4.59	95.67
C	$1.2 \times 10^4$	4.08	98.67
D	$8.5 \times 10^3$	3.93	99.06
T1	$2.5 \times 10^5$	5.40	72.22
T2	$4.7 \times 10^5$	5.67	47.78
T3	$1.1 \times 10^5$	5.04	87.78

注:N 为残留菌落数。

由表 2 可知,未处理的鲜驼乳菌落总数为  $9.0 \times 10^5$  CFU/mL,符合国标 GB 19301-2010《食品安全国家标准 生乳》微生物限量的要求<sup>[2]</sup>。当保压时间为 5 min

时,随着处理压力的增大,鲜驼乳中的菌落总数逐渐减少,且当压力为 500 MPa 时,菌落总数的致死率达到了 98.67%,这与 Dhinesh Kumar 等<sup>[13]</sup>的研究中大于 400 MPa 的压力可以有效杀死大部分营养细菌的结果一致。当压力达到 600 MPa 时,菌落总数相比于对照降低了两个数量级,且致死率高达 99.06%,这也说明了超高压处理的压力越大,其对微生物细胞膜的破坏程度也就越严重。

Ganzle 等<sup>[14]</sup>利用荧光染色技术对超高压处理后大肠杆菌细胞膜的变化进行了研究,发现不可逆的膜损伤与保压时间的长短有关。由表 2 可知,当处理压力为 400 MPa 时,随着处理时间的延长,鲜驼乳的菌落总数呈现下降的趋势,其中 400 MPa 15 min 的超高压处理使得菌落总数降低了一个数量级,且致死率达到了 95.67%。多数情况下,超高压处理时保压时间越长,其对样品的灭菌效果越好,但是随着保压时间的延长,其对灭菌效果的贡献会越来越小,即当保压时间达到一定值时,其对灭菌效果的影响基本不太大。

由于试验设备没有办法调节处理温度,所以本试验设置了不同的样品温度,即对鲜驼乳样品进行水浴加热,使样品温度分别为 20、40℃和 60℃,之后再对样品进行超高压处理。结果发现,当处理压力为 400 MPa,处理时间为 5 min 时,样品温度对鲜驼乳中菌落总数的致死作用并没有呈现出很好的线性相关关系,而是出现了先下降后上升的趋势。其中,当样品温度为 40℃时致死率最低,超高压杀菌处理的结果最差,致死率只达到了 47.78%,这可能是因为此时达到了蛋白质和酶适宜的温度,从而增加了微生物的耐压性。研究发现,温度较低时蛋白质容易受到高压的影响而发生变性,微生物的细胞膜也会受到损伤,这些都使得微生物的耐压性降低<sup>[15]</sup>;在较高温度下,温度会改变微生物细胞膜的流动性,破坏生物大分子间的非共价键,使得超高压的杀菌效果随着温度的升高而增大<sup>[16-17]</sup>。

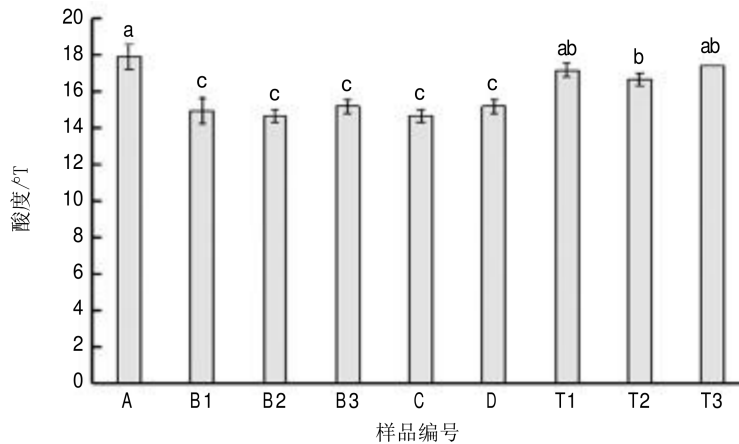
### 2.2 超高压杀菌处理对鲜驼乳酸度的影响

乳的酸度为自然酸度和发酵酸度的总和。自然酸度是指刚挤出来的新鲜乳的酸度,也称为固有酸度,主要由乳中含有酸性氨基酸和自由羧基的蛋白质、柠檬酸盐、磷酸盐及二氧化碳等酸性物质构成,其中磷酸盐和柠檬酸盐提供的酸度占比例最高<sup>[18]</sup>。发酵酸度是指生鲜乳在贮存运输的过程中,由于微生物的作用所产生的酸性物质而升高的那部分酸度<sup>[19]</sup>。Calamari 等<sup>[20]</sup>研究认为,生鲜乳的滴定酸度主要来自于不同的中和反应:酪蛋白的酸性基团(约占总酸度的 2/5),磷酸盐、碳酸和其他的矿物阴离子(约占总酸度的 2/5),

有机酸(主要是柠檬酸)。

对超高压处理前后鲜驼乳的酸度进行测定并计算,结果如图1所示。

由图1可知,未经超高压处理的鲜驼乳酸度为17.89 °T,经超高压处理后鲜驼乳的酸度均降低。除样品温度为20 °C和60 °C的超高压处理对酸度无显著影



标注相同字母表示差异不显著 (P>0.05)。

图1 不同超高压处理对鲜驼乳酸度的影响

Fig.1 Effect of different ultra high pressure treatments on acidity of fresh camel milk

响 (P>0.05) 外,其余各处理均使鲜驼乳的酸度显著降低 (P<0.05)。在不同压力 and 不同保压时间的超高压处理条件下,鲜驼乳的酸度显著降低 (P<0.05),但是各处理组之间差异并不显著 (P>0.05),这说明压力处理可以减少驼乳中的酸性物质,但是酸性物质的含量不会随着处理压力的增大和保压时间的延长发生明显的变化。对鲜驼乳样品加热以后再进行超高压处理,发

现酸度下降的程度没有单纯加压时的大,这可能是由于加热期间乳中微生物产生发酵酸度所致。

### 2.3 超高压杀菌处理对鲜驼乳色泽的影响

通过对L\*值、a\*值和b\*值进行综合计算,可较为客观地表达样品的色泽品质。超高压处理前后鲜驼乳样品的L\*值、a\*值、b\*值以及总色差值ΔE,如表3所示。

由表3可知,与未处理的鲜驼乳相比,超高压处理

表3 不同超高压处理对鲜驼乳色泽的影响

Table 3 Effect of different ultra high pressure treatments on color of fresh camel milk

色度值	L*	a*	b*	ΔL*	Δa*	Δb*	ΔE
A	89.22±0.120 <sup>bc</sup>	-0.47±0.007 <sup>a</sup>	4.41±0.035 <sup>e</sup>				
B1	89.03±0.212 <sup>bcd</sup>	-0.61±0.007 <sup>b</sup>	4.49±0.042 <sup>d</sup>	-0.19	-0.14	0.09	0.25
B2	88.94±0.255 <sup>bcd</sup>	-0.63±0.000 <sup>b</sup>	4.61±0.000 <sup>bc</sup>	-0.28	-0.17	0.21	0.38
B3	88.69±0.184 <sup>d</sup>	-0.65±0.035 <sup>b</sup>	4.67±0.035 <sup>b</sup>	-0.53	-0.18	0.26	0.61
C	88.77±0.233 <sup>cd</sup>	-0.82±0.035 <sup>c</sup>	4.76±0.014 <sup>a</sup>	-0.45	-0.35	0.36	0.67
D	89.20±0.071 <sup>b</sup>	-1.25±0.007 <sup>d</sup>	4.65±0.014 <sup>b</sup>	-0.02	-0.78	0.25	0.82
T1	88.85±0.226 <sup>bcd</sup>	-0.62±0.014 <sup>b</sup>	4.61±0.049 <sup>bc</sup>	-0.37	-0.16	0.20	0.44
T2	89.13±0.240 <sup>bcd</sup>	-0.61±0.028 <sup>b</sup>	4.55±0.014 <sup>cd</sup>	-0.09	-0.15	0.15	0.22
T3	89.97±0.191 <sup>a</sup>	-1.34±0.000 <sup>e</sup>	4.35±0.014 <sup>e</sup>	0.75	-0.88	-0.05	1.15

注:同一列有相同字母标注的表示差异不显著 (P>0.05)。

后样品的L\*值和a\*值呈现下降的趋势,而b\*值呈上升趋势,其中L\*值整体变化不显著 (P>0.05)。L\*值表示乳的亮度和白度,值越大表示样品越亮(白),其值的大小与酪蛋白的状态和粒径大小有关。驼乳样品的L\*值降低,说明超高压处理能使酪蛋白胶束发生裂解,

粒径减小,使得驼乳的透光性增加。姜雪等<sup>[21]</sup>研究发现,牛乳经过超高压处理以后L\*值降低,本试验与她的研究结果是一致的。当驼乳样品温度为60 °C时,超高压处理后其L\*值出现显著增大 (P<0.05),可能是由于加热使乳清蛋白受热变性凝固增大了乳对光线的

反射率引起的,而且变性的乳清蛋白沉积并聚集在酪蛋白胶束表面,使得粒径增大,减少了乳的透光性,所以 $L^*$ 值增大<sup>[2]</sup>。有研究发现, $\Delta E$  可用来评价色泽的总变化程度,当 $\Delta E \geq 2$ 时人眼可以感受到视觉的差异<sup>[3]</sup>。随着处理压力的升高,保压时间的延长以及样品温度的升高,驼乳样品的总色差 $\Delta E$ 值升高,但是所有值均小于2,说明超高压处理对鲜驼乳的整体色泽影响较小,肉眼观察不到明显变化。

#### 2.4 超高压杀菌处理对鲜驼乳滋味的影响

滋味是食品品质的重要指标,目前研究人员多采用感官鉴评方法对食品的滋味品质进行评价,但该方法受主观因素影响较大,电子舌通过采用人工脂膜传感器技术,可以对滋味进行更客观数字化的评价。以未处理的鲜驼乳为对照,根据电子舌测定的味觉值,作各处理的滋味雷达图,结果见图2。

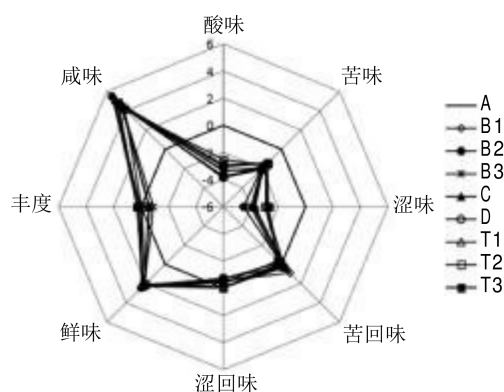


图2 不同超高压处理对鲜驼乳滋味的影响

Fig.2 Effect of different ultra high pressure treatments on taste of fresh camel milk

由图2可知,与未经超高压处理的鲜驼乳相比,超高压处理后驼乳样品的酸味、苦味和涩味显著降低( $P < 0.05$ ),而咸味和鲜味显著上升( $P < 0.05$ )。肽与氨基酸是产生食品滋味的重要来源<sup>[4]</sup>,超高压处理对滋味的影响,可能是由于压力处理改变了乳中呈味氨基酸和滋味肽的含量引起的。郑坚强等<sup>[5]</sup>对生鲜牛乳进行了3种不同超高压处理后发现,超高压处理可以显著增加乳中的游离氨基酸含量,且350 MPa,45 min,40℃处理的生鲜牛乳游离氨基酸含量最高。张文龙等<sup>[6]</sup>通过测定在不同压力、不同时间的超高压处理下牛奶中蛋白质和氨基酸的含量,发现超高压处理后牛奶的总氨基酸含量均比未经过超高压处理的牛奶的总氨基酸含量高。对不同超高压处理对鲜驼乳滋味的影响结果进行相关性分析,结果如图3所示。

由图3可以看出,酸味与苦味、涩味呈正相关,其中酸味和涩味,苦味和涩味的相关性显著( $P < 0.05$ ),而

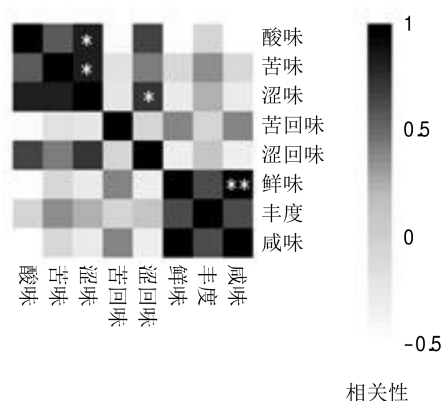


图3 各滋味相关性矩阵热图

Fig.3 The correlation matrix heatmap of each taste

与鲜味、咸味呈负相关;鲜味和咸味呈正相关,且相关性显著( $P < 0.05$ ),所以超高压处理以后鲜驼乳的酸味、苦味和涩味降低伴随着鲜味和咸味的增加是存在一定的相关性关系的,具体原因还需要进一步的试验来进行探究。

#### 3 结论

对鲜驼乳进行不同条件的超高压处理后发现,压力对鲜驼乳有着明显的杀菌作用,其中600 MPa的处理效果最好。随着处理压力的升高,保压时间的延长以及样品温度的升高,鲜驼乳的酸度均降低,而且样品的整体色泽变化也很小,用肉眼观察不到明显差异。经超高压处理后鲜驼乳的酸味、苦味和涩味显著降低( $P < 0.05$ ),而咸味和鲜味显著上升( $P < 0.05$ ),说明超高压处理对鲜驼乳的滋味有着良好的改善作用。综上所述可以看出,超高压处理在杀菌的同时可以保护和改善鲜驼乳的品质,在驼乳的生产加工方面有很大的应用前景。

#### 参考文献:

- [1] 王文秀,陆东林,李新玲,等.驼乳的食疗保健功效[J].新疆畜牧业,2014(2):15-17
- [2] 王俊勋,孙新华,齐新林,等.新疆驼奶产业现状和发展趋势[J].中国奶牛,2013(4):13-16
- [3] 董鹏,张良,陈芳,等.食品超高压技术研究进展与应用现状[J].农产品加工,2013(6):28-29
- [4] 胡长利,龄南,龚浩.超高压加工技术在牛乳加工中的应用研究概述[J].食品安全质量检测学报,2017(12):125-131
- [5] Wang C Y, Huang H W, Hsu C P, et al. Recent advances in food processing using high hydrostatic pressure technology[J]. Critical reviews in food science and nutrition, 2016, 56(4):527-540
- [6] 国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局.食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定 GB 4789.2-2016[S].北京:中国标准出版社,2017

- [7] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品酸度的测定 GB 5009.239-2016[S]. 北京:中国标准出版社,2017
- [8] 王玉荣,张俊英,潘婷,等. 籼米酒和糯米酒品质的评价[J]. 食品与发酵工业,2017,43(1):186-191
- [9] 任杰,胡志和,刘洋. 超高压处理对牛初乳中微生物的影响[J]. 食品工业科技,2013,34(14):173-176,190
- [10] 姜英杰,杨振东. 超高压处理对食品的影响[J]. 食品工业,2011,32(12):75-77
- [11] Huang H W, Lung H M, Yang B B, et al. Responses of microorganisms to high hydrostatic pressure processing[J]. Food Control, 2014, 40(4):250-259
- [12] 中华人民共和国卫生部. 食品安全国家标准 生乳 GB 19301-2010[S]. 北京:中国标准出版社,2010
- [13] Chawla R, Patil G R, Singh A K. High hydrostatic pressure technology in dairy processing: a review[J]. Journal of Food Science and Technology, 2011, 48(3):260-268
- [14] Ganzle M G, Vogel R F. On-line fluorescence determination of pressure mediated outer membrane damage in *Escherichia coli*[J]. Systematic and Applied Microbiology, 2001, 24(4):477-485
- [15] 邱伟芬,江汉湖. 食品超高压杀菌技术及其研究进展[J]. 食品科学,2001,22(5):81-84
- [16] Koseki S, Mizuno Y, Yamamoto K. Use of mild-heat treatment following high-pressure processing to prevent recovery of pressure-injured *Listeria monocytogenes* in milk[J]. Food Microbiology, 2008, 25(2):288-293
- [17] 夏远景,薄纯智,张胜勇,等. 超高压食品处理技术[J]. 食品与药品,2006,8(2):62-67
- [18] 冯小慧,王丽芳,张三粉,等. 生鲜乳品质的影响因子——酸度[J]. 畜牧与饲料科学,2018,39(2):51-53
- [19] Fox P F, McSweeney P L H. Dairy chemistry and biochemistry[M]. Molecular Aspects of Medicine, 1998, 24(1/3):3-9
- [20] Calamari L, Gobbi L, Bani P. Improving the prediction ability of FT-IR spectroscopy to assess titratable acidity in cow's milk[J]. Food Chemistry, 2016, 192:477-484
- [21] 姜雪,于鹏. 超高压处理对牛乳理化性质及脂肪酸成分的影响[J]. 食品工业,2016,37(7):175-177
- [22] 桂仕林,邢慧敏,康小红,等. 超高压对牛乳成分影响的研究进展[J]. 农产品加工,2011(6):67-69,80
- [23] Francis F J, Clydesdale F M. Food colorimetry: theory and applications[M]. Westport, Connecticut: AVI Publishing Co. Inc., 1975
- [24] 廖兰,赵谋明,崔春. 肽与氨基酸对食品滋味贡献的研究进展[J]. 食品与发酵工业,2009,35(12):107-113
- [25] 郑坚强,司俊玲,纵伟,等. 超高压处理对生鲜牛乳中氨基酸和微生物的影响[J]. 湖北农业科学,2011,50(10):2114-2116,2121
- [26] 张文龙,戈娜,许秀举. 超高压对牛奶蛋白质和氨基酸影响的实验研究[C]. 北京:第十二届全国营养科学大会论文集,2015:158

收稿日期:2019-01-04

## 欢迎订阅 2020 年《食品研究与开发》

《食品研究与开发》是由天津市食品研究所有限公司和天津市食品工业生产力促进中心主办,国内外公开发行的食品专业科技期刊,1980年创刊,半月刊,采用国际流行开本大16开。其专业突出,内容丰富,印刷精美,是一本既有基础理论研究,又包括实用技术的刊物。本刊已被“万方数据库”、“中文科技期刊数据库”《乌利希期刊指南》、美国《化学文摘》、英国国际农业与生物科学研究中心(CABI)、英国《食品科技文摘》(FSTA)等知名媒体收录,并被列入“中文核心期刊”、“中国科技核心期刊”、RCCSE中国核心学术期刊(A)。主要栏目有:基础研究、应用技术、检测分析、生物工程、专题论述、食品机械等。

本刊国内统一刊号 CN 12-1231/TS; 国际刊号 ISSN 1005-6521; 邮发代号:6-197。全国各地邮局及本编辑部均可订阅。从本编辑部订阅全年刊物享八折优惠。2020年定价:30元/册,全年720元。

本编辑部常年办理邮购,订阅办法如下:

(1) 邮局汇款。地址:天津市静海县静海经济开发区南区科技路9号;收款人《食品研究与开发》编辑部;邮政编码:301600。

(2) 银行汇款。开户银行:工商银行静海支行,行号:102110000863。

账号:0302095119300204171;单位:天津市食品研究所有限公司。

《食品研究与开发》编辑部

www.tjfood.com.cn

E-mail: tjfood@vip.163.com

电话(传真):022-59525671