# 日粮添加酵母硒对牦牛乳硒含量的影响

章宗元[1]，安福珍[1]，巴桑旺堆[2]，朱彦宾[2]，孙光明[2]，赵赛男[3]，袁龙飞[4]，王 利[1*]，安添午[5*]

1 西南民族大学，四川成都 610041
2 西藏自治区农牧科学院畜牧兽医研究所，西藏拉萨 850000
3 红原县林业和草原局，四川阿坝 624603
4 雨城区农业农村局，四川雅安 625000
5 四川省草原科学研究院，四川成都 611731

摘 要：[目的]探究在日粮中添加不同剂量酵母硒对牦牛乳硒含量影响。[方法]将24头泌乳中期、胎次相近、产犊时间基本一致的母牦牛作为试验对象，随机分为4组，每组6 头，每头1 个重复，设立了空白组（仅放牧）、对照组（放牧+0.5 kg玉米粉）、低硒组和高硒组（放牧+0.5 kg玉米粉，分别添加1 mg/kg、2 mg/kg酵母硒）。试验持续70 d，前10 d为预试期，后60 d为正试期，在试验前、后采集牦牛体重；晨饲前采集25 mL乳成分存于-20℃，记录乳产量。[结果]饲喂酵母硒后，高硒组与空白组体重显著降低，对照组与低硒组体重显著上升。在牦牛乳产量方面，整体呈现降低趋势；低硒组乳产量在第1d时乳产量显著低于其他三组，而其他时间段乳产量无显著差异。在乳硒含量方面，相较对照组，试验组乳中硒含量明显上升，其中高硒组第20~40d时显著高于其他三组。[结论]日粮添加2 mg/kg酵母硒，牦牛体重降低，乳产量无显著影响，但乳硒含量显著升高，因此添加2 mg/kg为较优方案，但后续需更多试验来确定其更优添加方法。

关键词：酵母硒；牦牛；乳产量；乳硒

文章编号：1671-4393（2025）03-0051-06 DOI:10.12377/1671-4393.25.03.08

基金项目：西藏自治区“十四五”重大科技专项（XZ202101ZD0002N）；优质牛育种材料和方法创新及新品种选育项目（2021YFYZ0001）；牦牛健康养殖关键技术集成与应用（2023JDZH0028）；牦牛健康养殖关键技术集成与应用（2023JDZH0028）

作者简介：章宗元（2001-），男，四川内江人，硕士，研究方向为畜牧生物技术；
安福珍（1998-），女，四川凉山人，硕士，研究方向为畜牧生物技术；
巴桑旺堆（1968-），男，西藏日喀则人，藏族，本科，研究员，研究方向为牦牛饲养与营养；
朱彦宾（1982-），男，甘肃通渭人，硕士，研究员，研究方向为牦牛饲料与营养；
孙光明（1991-），男，甘肃庆阳人，硕士，助理研究员，研究方向为牦牛饲料与营养；
赵赛男（1989-），女，辽宁沈阳人，本科，助理农艺师，研究方向为草业；
袁龙飞（1991-），男，河南济源人，硕士，中级畜牧师，研究方向为动物生态。

*通信作者：王 利（1977-），女，四川成都人，教授，博士生导师，研究方向为动物免疫学与动物病理学；
安添午（1981-），男，甘肃天水人，博士，副研究员，研究方向为牦牛繁育与饲养管理。

中国乳业线上阅读

## 0 引言

硒（Se）作为一种关键微量元素，参与碳水化合物、蛋白质及脂质的代谢过程，对维护生物体健康生长发挥着至关重要的作用[1]，然而，硒摄入不足或过量可触发一系列慢性或急性疾病[2, 3]。日常生活中，硒缺乏可能导致免疫功能降低、生殖能力减退及癌症等健康问题[4]。硒具备调节免疫、抗氧化、抗衰老及抗癌等多重效用，硒不足将影响人体重要器官功能，引发疾病。适量摄入硒对人体健康有积极影响[5]。富硒食品作为补硒的主要来源之一，其开发对维持合理硒水平有极其重要的价值[6]。在补硒方式的选择上，鉴于其需依赖外界摄入而人体无法自身合成，因此，富硒食品开发利用对补充硒元素、维持合理硒水平有研究意义。作为一种优质有机硒来源，酵母硒在提升硒摄入水平方面潜力受到广泛关注，目前已有国际研究团队探讨通过高剂量酵母硒生产富硒牛奶的可能性[7~9]。酵母硒是通过酵母细胞在培养过程中将培养基中的无机硒转化为含硒蛋白、含硒酶及含硒多糖等形态，有效提升硒的生物利用率及使用安全性[10]。硒在抗氧化功能上也不可忽视[11]。虽然有机硒较无机硒有更高的生物利用度，易于人体吸收转化，但存在生物毒性相对较大、生物安全性较低、生物蓄积毒性较强的缺陷[12, 13]。随着全球功能性保健食品需求的日益增长，对牛奶营养价值认知深化，提升牛奶中硒含量已逐渐成为国内外动物营养研究焦点。青藏高原地区硒元素贫乏，许多研究表明，当地居民的大骨节病与环境中硒的不足密切相关，且病发率与硒水平显著负相关。我国在低硒地区广泛推广补硒措施，已有效控制该病的蔓延。因此，开发富硒产品对维护人体健康、预防相关疾病具有至关重要的意义。我国领有1 400 万头牦牛资源，其中约500 万头可用于商品牦牛奶的生产，年产量100 万吨。研发功能性富硒牦牛奶生产技术，不仅有助于规模化生产富硒奶、保障民众健康、预防地方性疾病，还能推动高原藏区可持续发展。目前国内已陆续开发出一些富硒功能食品（如富硒蛋、富硒奶、富硒肉品、富硒大米、富硒番茄、富硒茶、富硒食用菌等），但富硒牦牛奶产品未检索到相关报道，富硒产品对缓解我国人均硒摄入不足状况有着重要意义[14]。本研究通过添加酵母硒，研究其对牦牛奶硒含量影响，确立最佳补硒时机和剂量，构建富硒牦牛奶生产关键技术体系，满足市场多元化需求，上升牦牛奶附加值，促进牦牛产业全面提升。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验所用酵母硒（饲料级，2 000 mg/kg）主要成分总硒计2 000~2 400 mg/kg，水分≤6.0%，粗灰分≤8.0%，粗蛋白质≥35.0%，净含量5 kg，有机硒含量占总硒比例≥98%。基础日粮0.5 kg玉米粉。

### 1.2 试验设计和饲养管理

24 头泌乳中期、胎次基本一致、泌乳量相近的母牦牛，随机分为4 组，每组6 头，每头1 个重复。分为空白组（只放牧）、对照组（放牧+0.5 kg玉米粉）和低硒组、高硒组（在放牧+0.5 kg玉米粉基础上分别添加1 mg/kg、2 mg/kg的酵母硒）。试验期共70 d，其中预试期10 d，正试期60 d。

### 1.3 牦牛体重的测定

在试验前、后用称重仪采集牦牛的体重。

### 1.4 乳硒含量的测定

正试期第1d、第10d、第20d、第30d、第40d、第50d、第60d晨饲前采乳样样25mL保存于−20 ℃冰箱备用。牛奶中的硒含量利用双道原子荧光光度计（AFS−930）测定。

### 1.5 乳产量的测定

正试期第1d、第10d、第20d、第30d、第

中国乳业线上阅读

40d、第50d、第60d记录乳产量，取平均值。

### 1.6 数据统计

试验结束后，采用Excel软件进行初步处理数据，用SPSS 21.0软件统计对试验结果进行单因素方差分析。

## 2 结果

### 2.1 牦牛体重变化

由图1可知，高硒组与空白组牦牛体重在试验后显著降低了（$P<0.05$）。试验后对照组与低硒组体重较高硒组与空白组显著上升了（$P<0.05$）。低硒组试验后的体重高于对照组，但无显著差异（$P>0.05$）（图1）。

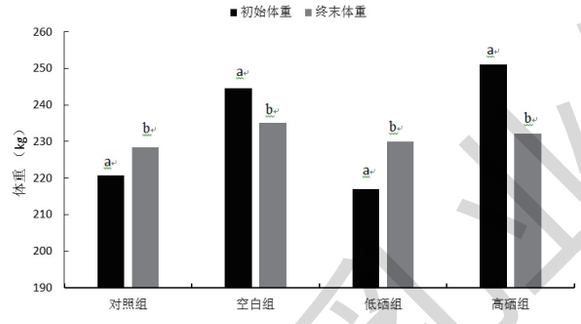



图 1 牦牛体重变化

### 2.2 不同时期乳产量变化

由图2可知，牦牛乳产量因泌乳期波动而逐步减少。第1d，对照组、空白组及高硒组乳产量达到峰值，低硒组在第20d达到产量顶点，随后各组乳产量均趋缓降低。第1d～10d期间，低硒组牦牛乳产量显著低于对照组、空白组及高硒组（$P<0.05$）。低硒组在第1 d ～50d期间乳产量普遍不及其他三组，第60d时，其产量反超其他各组；高硒组第1d、第40d、第50d乳产量优于对照组，但较空白组在第1d时降低了，对照组在第1d乳产量虽低于高硒组，然而第10d～30d期间其产量显著提升；空白组乳产量变化较为平稳，在第1 d ～10d高于其他三组，而在第20d～40d则明显降低。在第20 d～60 d，各组间乳产量差异并不显著（$P>0.05$）。

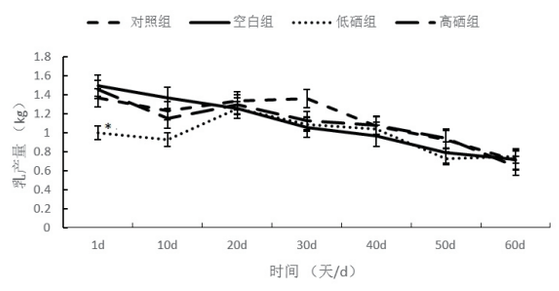



图 2 不同时期乳产量的变化

### 2.3 不同时期乳硒含量的变化

由图3可知，试验组各时间点添加酵母硒后，其牦牛奶中硒含量显著高于对照组与空白组（$P<0.05$），随着时间延长，硒含量呈先升后降趋势。高硒组第1d～10d时，乳硒含量显著高于对照组（$P<0.05$），与低硒组相比差异不显著（$P>0.05$）；第20 d ～40d期间，高硒组乳硒含量显著高于对照组与低硒组（$P<0.05$），第50 d ～60d，尽管与低硒组无显著差异（$P>0.05$），但相较于对照组有显著上升（$P<0.05$）；低硒组第10d时乳硒含量虽高于高硒组，但差异不显著（$P>0.05$），第20～40d显著低于高硒组（$P<0.05$），第50d～60d与高硒组无显著差异（$P>0.05$）；对照组在整个试验期间硒含量显著低于低硒组与高硒组（$P<0.05$）；空白组未在乳中检测出硒含量。

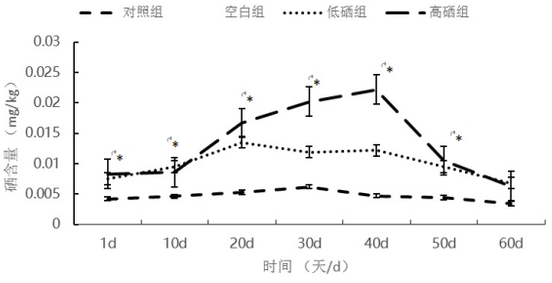



图 3 不同时期乳硒含量的变化

## 3 讨论

硒分为有机硒与无机硒两大类，其中无机硒生

中国乳业线上阅读

物利用率较低，可能存在毒性及副作用。有机硒则可经过生物转化过程与氨基酸结合，例如常见酵母硒，其吸收效率通常较高[15]。一般来说，有机硒吸收效率较高[16]。牦牛乳富含乳蛋白、乳脂肪、矿物元素及其他营养成分，使之成为易于人体吸收优质乳源，对调节肠道健康与提升机体免疫力具有显著作用[17]。在泌乳中期（母牛产后第71d至140d），牛乳产量通常以不超过6%速度递减[18]，然而Bovera等[19]研究显示，由于饲料中粗蛋白质水平不足，导致泌乳中后期乳产量降低，此现象与本试验观察结果一致。补充硒元素有助于促进反刍动物泌乳能力，研究显示，补充0.3 mg/kg蛋氨酸硒荷斯坦牛在上升乳产量同时，乳脂率有所降低。陈晓梅等[20]研究显示，酵母硒能改善奶牛泌乳性能和乳品质。吕远蓉等[21]研究显示，日粮中添加0.5 g/kg酵母硒可显著提升奶牛泌乳性能与乳品质。但本试验结果与之相异，推测可能与物种差异及酵母硒剂量有关。研究表明，日粮添加酵母硒提供硒满足奶牛正常需求后，额外添加将不再提升生长性能，过量甚至可能导致降低[21]，然而Palacios等[7]和Juniper等[22]研究显示，高剂量硒摄入未显著影响生长性能，此差异可能与生物条件及环境因素有关。赵睿等[23]发现，添加酵母硒能显著提升奶牛乳中硒浓度，本研究显示，日粮中添加酵母硒可显著上升牦牛乳中硒含量，与Heard等[24]研究结果相符，毛胜勇[16]研究发现，日粮添加酵母硒与硒含量、血硒及乳硒含量显著正相关，且酵母硒生物利用率高于亚硒酸钠。硒对犊牛出生后生长发育具有重要影响，母乳中硒含量不足可能会导致犊牛硒缺乏，影响健康生长，而母牛补硒能有效预防[25，26]。初步确定较优添加方案为2 mg/kg，后续研究将进一步探索更适宜的添加量。

## 4 结论

日粮添加2 mg/kg酵母硒，牦牛体重降低，但乳产量无显著影响，并且乳硒含量显著升高，因此添加2 mg/kg为较优方案，但后续需更多试验来确定其更优添加方法。

**参考文献**

[1] Stapleton S R. Selenium：An insulin-mimetic [J]. Cellular and Molecular Life Sciences，2000，57（13-14）：1874-1879.

[2] Tinggi U. Selenium：Its role as antioxidant in human health [J]. Environmental Health and Preventive Medicine，2008，13（2）：102-108.

[3] Manzanares W，Hardy G. Can dietary selenium intake increase the risk of toxicity in healthy children? [J]. Nutrition，2016，32（1）：149-150.

[4] Weiss W P，Todhunter D A，Hogan J S. Hogan，et al. Effect of duration of supplementation of selenium and vitamin E on periparturient dairy cows[J]. Journal of Dairy Science，1990，73（11）：3187-3194.

[5] 张勇胜，李仁兰，刘妍，等. 硒对人体健康作用的研究进展[J]. 内科，2018，13（4）：623-625，662.

[6] 王宇璇，孟淑娟，王雅栋，等. 人体内硒检测与富硒食品开发的研究进展 [J]. 食品工业科技，2022，43（4）：428-437.

[7] Palacios O，Encinar J R，Bertin G，et al. Analysis of the selenium species distribution in cow blood by size exclusion liquid chromatography-inductively coupled plasma collision cell mass spectrometry（SEC-ICPccMS）[J]. Analytical and Bioanalytical Chemistry，2005，383（3）：516-522.

[8] Heard Joanna W，Walker G P，Peter J. Royle，et al. Effects of short-term supplementation with selenised yeast on milk production and composition of lactating cows [J]. Australian Journal of Dairy Technology，2004，59：199-203.

[9] Doyle P，Stockdale C，Jenkin M，et al. Producing milk with uniform high selenium concentrations on commercial dairy farms [J]. Animal Production Science，2011，51：87-94.

[10] 卢欣石. 中国苜蓿产业发展问题 [J]. 中国草地学报，2013，35（5）：1-5.

[11] Ye X Q，Yan R Z，Yu Y Y，et al.Biogenic selenium nanoparticles synthesized with alginate oligosaccharides alleviate heat stress-Induced oxidative damage to organs in broilers through activating Nrf2-mediated anti-oxidation and anti-ferroptosis pathways [J].Antioxidants，2023，12（11）：1973.

[12] 强佳丽，陈旭. 富有机硒产品的急性毒性试验 [J]. 毒理学杂志，2013，27（4）：319-320.

[13] Rayman M P.Heidi goenaga infante，mike sargent. food-chain selenium and human health：Spotlight on speciation [J]. British Journal of Nutrition，2008，100（2）：238-253.

[14] 郭凯，张凯，宋献艺. 富硒畜产品研究进展 [J]. 饲料博览，2020（11）：10-12，15.

[15] 张忠，时俊峰，祝艳华等. 酵母硒联合枯草芽孢杆菌对肉

中国乳业线上阅读

羊生长性能、瘤胃发酵及屠宰性能的影响 [J]. 中国饲料，2024（10）：23–26.

[16] 毛胜勇. 有机硒在动物生产中的应用研究 [J]. 饲料与畜牧，2000（6）：9–11.

[17] 王嘉琪，修雨荷，何罗彬等. 牦牛乳营养成分及泌乳量的提升措施 [J]. 当代畜牧，2023（10）：9–14.

[18] 姜月美. 泌乳期牛的生理变化与饲养 [J]. 养殖技术顾问，2014（4）：37.

[19] Bovera F，Calabro S，Cutrignelli M I，et al. Effect of dietary energy and protein contents on buffalo milk yield and quality during advanced lactation period [J]. Asian–australasian Journal of Animal Sciences，2002，15（5）：675–681.

[20] 陈晓梅，徐国庆. 酵母硒对奶牛产奶性能和乳品质的影响 [J]. 中国畜禽种业，2019，15（08）：85–86.

[21] 吕远蓉，王怀禹，魏玲. 酵母硒对奶牛产奶性能和乳品质的影响 [J]. 现代畜牧科技，2018（9）：26–27.

[22] Juniper D T，Phipps R H，Jones A K，et al. Selenium supplementation of lactating dairy cows：effect on selenium concentration in blood，milk，urine，and feces [J]. Journal of Dairy Science，2006，89（9）：3544–3551.

[23] 赵睿，张凯，张伯池等. 网状Meta分析不同硒源对奶牛乳硒、血硒、生产性能及相关抗氧化指标的影响 [J]. 饲料工业，2022，43（3）：57–64.

[24] Heard J W，Stockdale C R，Walker G P，et al. Increasing selenium concentration in milk：Effects of amount of selenium from yeast and cereal grain supplements [J].Journal of Dairy Science，2007，90（9）：4117–4127.

[25] Slavik P，Illek J，Brix M，et al. Influence of organic versus inorganic dietary selenium supplementation on the concentration of selenium in colostrum，milk and blood of beef cows [J]. Acta Veterinaria Scandinavica，2008，50（1）：43.

[26] 陈星星，聂新华，韩鹏，等.有机微量元素对奶牛的应用研究[J].中国乳业，2024（9）：40–45.

# Effect of Yeast Selenium on Selenium Content in Yak Milk

ZHANG Zongyuan[1]，AN Fuzhen[1]，BA Sang Wangdui[2]，ZHU Yanbin[2]，SUN Guangming[2]，ZHAO Sainan[3]，YUAN Longfei[4]，WANG Li[1*]，AN Tianwu[5*]

[1]Southwest University for Nationalities， Chengdu Sichuan 610041

[2]China（Institute of Animal Husbandry and Veterinary Science，Tibet Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences， Lhasa Tibet 850000

[3]Forestry and Grassland Bureau，Hongyuan County， Aba Sichuan 624603

[4]Yucheng District Bureau of Agriculture and Rural Affairs，Ya 'an Sichuan 625000

[5]Sichuan Academy of Grassland Science，Chengdu Sichuan 611731

**Abstract**：[Objective] This study aims to investigate the effect of adding different doses of yeast selenium to the diet on the selenium in yak milk. [Method] Twenty-four mid-lactating yak cows with similar parities and calving times were used as experimental subjects and divided into four groups， each with six cows， with one repetition per cow. The groups included a blank group（grazing only），a control group（gra 0.5 kg corn meal），a low-selenium group，and a high-selenium group（grazing 0.5 kg meal，supplemented with 1 mg/kg and 2 mg/kg yeast selenium，respectively）. The experiment lasted for 70 days，with first 10 days as the preliminary period and the following 60 days as the formal period. Yak weights were collected before and after the experiment; 5 mL of milk components were collected before morning feeding and stored at -20℃，and milk production was recorded. [Result] After feeding yeast selenium the high-selenium group showed a significant decrease in weight compared to the blank group，while the control group and the low-selenium group showed a significant increase weight. In terms of yak milk production，an overall downward trend was observed; the low-selenium group had a significantly lower milk

中国乳业线上阅读

production on the first day to the other three groups，while there was no significant difference in milk production at other times. Regarding the selenium content in milk， the selenium content in the of the experimental groups was significantly higher than that of the control group， with the high-selenium group being significantly higher than the other three groups from the 2th to the 40th day. [Conclusion] Adding 2 mg/kg yeast selenium to the diet results in a decrease in yak weight but has significant effect on milk production. Additionally， the selenium content in milk is significantly increased. Therefore， adding 2 mg/kg is an optimal solution， but further experiments are needed to determine its optimal addition method.

**Keywords**：yeast selenium；yak； milk yield ； milk selenium

▲上接50页

diet，and the DCAD value was +165.64 mEq/kg DM，Group A was fed the basal diet+200 g Menoam，and the DCAD value was −43.94 mEq/kg DM. Group B was fed the basal diet+250 g Menoam，and the DCAD value was −112.51 m Eq/kg DM. Group C was fed the basal diet+300 g Menoam，and the DCAD value was -175.37 m Eq/kg DM.[Result]（1） Compared with the CON Group，the feed intakes of groups A，B and C increased significantly（$P<0.05$）and the dry matter intake of Group B was the highest（2）With the increase of the addition amount of Menoam，the urine pH value of Jersey cows in the pre-perinatal period gradually decreased，and the differences among the groups were significant（$P<0.05$），and the urine pH value of Group B was the appropriate range.（3）As the dietary DCAD value decreased，the blood calcium levels of Group A，B and C showed an upward trend，and the differences among the groups were significant（$P<0.05$）.（4）Compared with the CON Group，the incidences of milk fever，retained fetal membranes，endometritis and abomasal displacement in Group A，Group B and Group C all decreased，and the incidences of retained fetal membranes and abomasal displacement in Group B were the lowest.（5）The average colostrum yield of CON Group，Group A，Group B and Group C were 9.20 kg，9.28 kg，9.20 kg and 9.10 kg，respectively，and there was no significant difference among the groups ($P>0.05$).The Brix degrees of colostrum in CON Group，Group A，Group B and Group C were 32.0%，33.0%，31.8% and 32.1%，respectively. There was no significant difference among the groups ($P>0.05$)，but there was a significant difference in the Brix degree between group A and group B ($P < 0.05$).[Conclusion]Adding Menoam to the diet of Jersey cows in the perinatal period can increase DMI，reduce the DCAD value，effectively regulate the urine pH value，improve blood calcium level and reduce the incidence of diseases of Jersey cows in the perinatal period. Under the experimental conditions，it is appropriate to add 250 g Menoam to the diet of Jersey cows in the early perinatal period and adjust the DCAD value to -112.51 mEq/kg DM.

**Keywords**：Jersey cow；coated ammonium chloride（Menoam）；health

中国乳业线上阅读