



Selenreiche Hefen in der Wiederkäuerfütterung

Jürg KESSLER und Colette LANZ, Eidgenössische Forschungsanstalt für viehwirtschaftliche Produktion (FAG), CH-1725 Posieux

Die Selenversorgung des Wiederkäuers in der Schweiz ist im Vergleich zum empfohlenen Selenangebot nicht immer optimal. Durch verschiedene Massnahmen wie die Verfütterung von selenhaltigen Mineralstoffmischungen versucht man die Lücke zu schliessen. Das in den Mineralstoffmischungen mehrheitlich als Natriumselenit vorliegende Selen ist aber nur bedingt verwertbar. Eine besser verwertbare Quelle sollen die neu auf dem Markt angebotenen selenreichen Hefen bilden.

Hauptaufgabe des Spurenelementes Selen (Se) ist es, für die Muskeln schädliche Produkte aus dem Fettstoffwechsel in harmlose Substanzen umzuwandeln. Damit werden die Muskeln vor Schädigungen geschützt. Im weiteren fördert das Selen die Abwehrbereitschaft des Körpers gegenüber Infektionen. Von einem Se-Mangel sind primär das Herz und die Skelettmuskulatur betroffen. Kümmern, Weissmuskelkrankheit, erhöhte Empfänglichkeit für Mastitis und Fortpflanzungsstörungen sind mögliche Auswirkungen eines Se-Mangels.

Bei der Beurteilung der Se-Versorgung des Wiederkäuers stützt man sich neben dem Se-Gehalt der Ration auf den Se-Gehalt des Blutes ab. Im weiteren gibt der Gehalt der Erythrozyten an Se-abhängigem Enzym Glutathionperoxidase (GSH-Px) Auskunft über die Versorgung. Der Se-Gehalt des Blutes widerspiegelt eher die aktuelle Versorgungslage. Die GSH-Px hingegen weist auf die der Blutentnahme vorausgehende Versorgung hin.

Im Vergleich zum empfohlenen Se-Angebot von 0,1 mg pro kg Futterrockensubstanz ist der natürliche Se-Gehalt üblicher Wiederkäuerrationen nicht immer optimal. Eine Ergänzung drängt sich häufig auf. Diese erfolgt mehrheitlich über mit Se-angereicherten Mineralstoffmischungen. Als Se-Quelle wird dabei im allgemeinen Natriumselenit verwendet. Diese anorganische Verbindung wird jedoch vom Wiederkäuer nur mittelmässig verwertet. Dies führt dazu, dass das Natriumselenit in Mineralstoffmischungen teilweise durch Se-reiche Hefen ersetzt wird. Das in den Hefen in organischer Verbindung vorliegende Se soll vom Wiederkäuer besser verwertet werden. Die Informa-

tionen darüber sind jedoch noch recht lückenhaft. Ziel eines an der FAG durchgeführten Versuches war es deshalb, die Kenntnisse über Se-Hefen zu erweitern und zu präzisieren.

Se-reiche Hefe im Prüfstand

Zwanzig laktierende Ziegen erhielten nach einer rund dreiwöchigen Anpassungsphase während 26 Tagen eine je zur Hälfte aus Dürr- und Kraftfutter bestehende Ration ohne Se-Ergänzung vorgelegt. Danach wurden die Tiere entsprechend den Kriterien GSH-Px in den Erythrozyten, Laktation und Lebendgewicht für 58 Tage den folgenden vier Verfahren zugeordnet:

KON:	Keine Se-Ergänzung, Se-Gehalt Ration 0,047 mg/kg TS
SeNIT:	Ergänzung mit Natriumselenit, Se-Gehalt Ration 0,091 mg/kg TS
SeHEF1:	Ergänzung mit selenreicher Hefe ¹ , Se-Gehalt Ration 0,097 mg/kg TS
SeHEF3:	Ergänzung mit selenreicher Hefe, Se-Gehalt Ration 0,268 mg/kg TS

¹ALKOSEL, Alko Ltd., Biotechnology Division, Finnland
Selen-Gehalt: 500 - 550 mg/kg; mindestens 90 % organisch gebunden

Die Vitamin E-Vorlage war bedarfsdeckend und für alle Verfahren annähernd gleich hoch. Während des Versuches wurden zu verschiedenen Zeiten Blutproben gezogen und die Konzentration an Selen sowie die Aktivität der GSH-Px und weiterer Enzyme gemessen. Als zusätzliche Parameter diente der Se-Gehalt der Milch. Zu Versuchsende wurden alle Ziegen geschlachtet und die Aktivität der GSH-Px in Nieren, Herz und Lebern bestimmt.

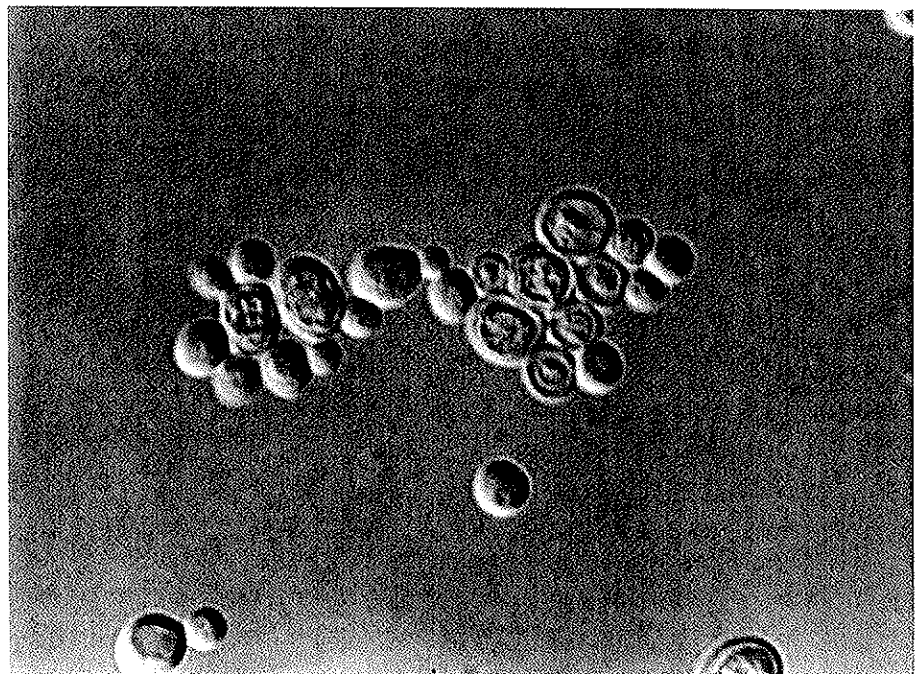


Abb. 1. Hefen unter dem Mikroskop.

Allgemeine Beobachtungen

Die Ziegen nehmen im Verlaufe der 56 Versuchstage im Durchschnitt zwischen 2,6 und 2,8 kg TS Futter pro Tag auf. Unterschiede zwischen den Verfahren können keine beobachtet werden. Mit einer durchschnittlichen täglichen Milchleistung von 4,3 bis 4,5 beziehungsweise 3,7 bis 4,0 kg auf 3,5 % Fett korrigierte Milch unterscheiden sich die Verfahren nicht wesentlich. Das gleiche gilt für den Gehalt der Milch an Fett, Eiweiss und Laktose.

Blut als Spiegel der Se-Versorgung

Auf die Se-Ergänzung reagieren die Tiere aller Verfahren mit einem deutlichen Anstieg der Se-Konzentration im Blutplasma (Abb. 2). Dabei ist der Anstieg bei den Ziegen mit rund 0,1 mg Se pro kg Futter-TS langsamer und weniger ausgeprägt als bei denjenigen mit rund 0,3 mg Se. Ob das Se in Form von Natriumselenit oder in Form von selenreichen Hefen ergänzt wird, hat keinen wesentlichen Einfluss auf die Se-Konzentration im Blutplasma. Die Blutwerte aller Verfahren liegen über dem als bedarfsdeckend geltenden Referenzwert von 50 µg Selen pro Liter. Dies gilt auch für die gemessen am empfohlenen Se-Angebot unzureichend mit Se versorgten Ziegen des Verfahrens ohne Se-Ergänzung. Über die statistische Bedeutung der einzelnen Werte gibt Tabelle 1 eine Übersicht.

Der Verlauf der GSH-Px-Aktivität in den Erythrozyten der einzelnen Verfahren (Abb. 3) entspricht weitgehend demjenigen der Selenkonzentration im Blutplasma. Der durch die Se-Ergänzung ausgelöste Anstieg setzt jedoch etwas später ein. Dies gilt insbesondere für die Verfahren mit 0,1 mg Selen in der Ration. Die GSH-Px-Aktivität wird von der Se-Quelle, Natriumselenit oder selenreiche Hefen, nicht wesentlich beeinflusst. Gemessen am Referenzwert für die GSH-Px-Aktivität von grösser als 20 - 30 U/g Hämoglobin weisen alle Verfahren eine bedarfsdeckende Se-Versorgung auf.

Se-Gehalte Milch: differenzierte Unterschiede

Der Selengehalt der Durchschnittsmilch aller Ziegen eines Verfahrens (gepoolte

Selen in µg/l Blutplasma

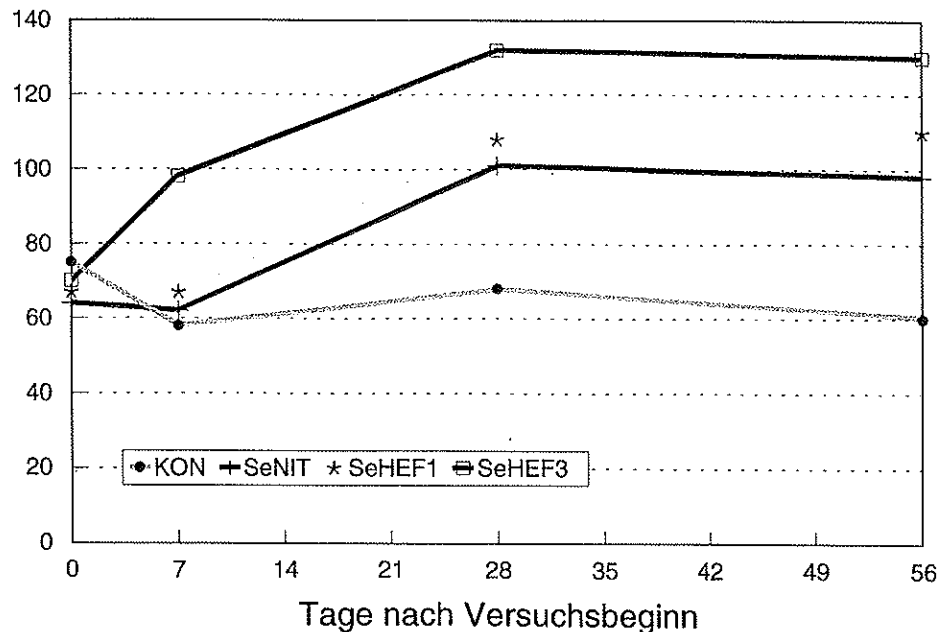


Abb. 2. Selengehalt im Blutplasma (Zeichenerklärung siehe Tab. 1).

Tab. 1. Se-Konzentration im Blutplasma sowie GSH-Px-Aktivität in den Erythrozyten

	Mittelwert				S _x	P ^{1,2} %
	KON ³	SeNIT	SeHEF1	SeHEF3		
Selen im Blutplasma µg/l						
Versuchsbeginn	75	64	67	70	4,2	-
Versuchsende	60 ^a	98 ^b	110 ^b	130 ^c	4,1	<1
GSH-Px in den Erythrozyten U/g Hb⁴						
Versuchsbeginn	53	52	50	52	4,6	-
Versuchsende	60 ^a	81 ^b	81 ^b	121 ^c	9,1	<1

¹P: Irrtumswahrscheinlichkeit

²Statistische Auswertung anhand der Differenz Versuchsende minus Versuchsbeginn; Werte einer Zeile mit unterschiedlichen Buchstaben sind signifikant verschieden.

³KON: Keine Se-Ergänzung (0,047 mg Se/kg TS Ration); SeNIT: Ergänzung mit Natriumselenit (0,091 mg Se/kg TS Ration); SeHEF1 bzw. SeHEF3: Ergänzung mit selenreicher Hefe (0,097 bzw. 0,268 mg Se/kg TS Ration)

⁴GSH-Px: Glutathionperoxidase; U: unit bzw. Einheit; Hb: Hämoglobin

Tab. 2. GSH-Px-Aktivität in Nieren, Herz und Leber¹

GSH-Px-Aktivität in U/g Protein	Mittelwert				S _x	P
	KON	SeNIT	SeHEF1	SeHEF3		
Nieren	33	35	34	38	2,4	52
Herz	13	16	14	19	1,8	20
Leber	4 ^a	13 ^b	12 ^b	15 ^b	1,0	<1

¹Zeichenerklärung siehe Tabelle 1

Probe) ist in Abbildung 4 dargestellt. Mit einem mittleren Wert aus vier Analysenzeitpunkten von 223 µg pro kg TS ist der Se-Gehalt der Milch der Tiere mit selenreicher Hefe und 0,3 mg Selen im Futter am höchsten. Zwischen den übrigen Verfahren bestehen demgegenüber nur gerin-

ge Unterschiede. Mit 63 µg Se pro kg TS haben die Tiere ohne Se-Ergänzung den tiefsten Gehalt. Der Wert für das Verfahren mit Natriumselenit beträgt 75 µg Se pro kg TS Milch beziehungsweise 87 µg für die Tiere mit selenreicher Hefe und 0,1 mg Se in der Ration.



GSH-Px in U/g Hb

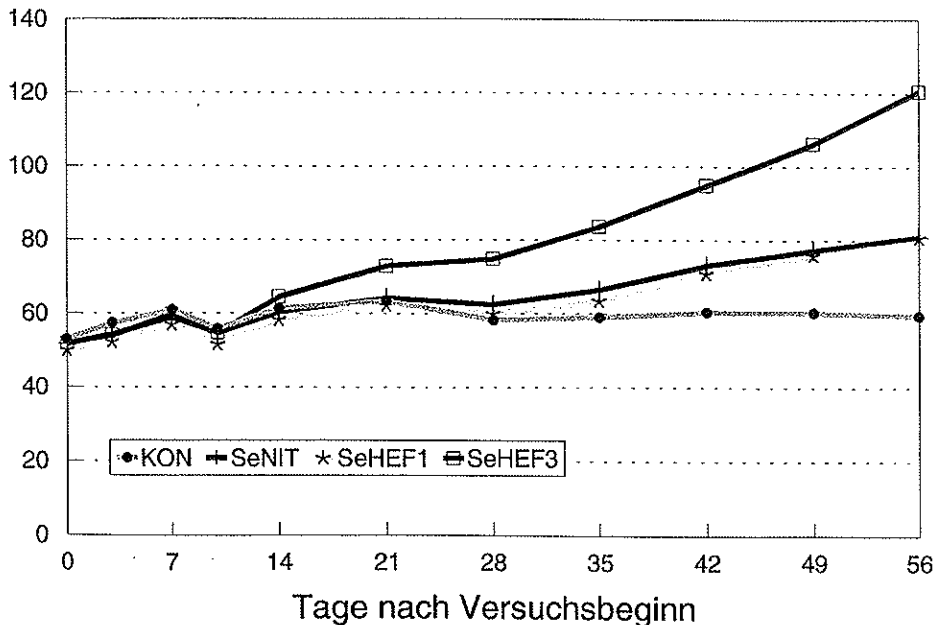


Abb. 3. GSH-Px-Aktivität in den Erythrozyten (GSH-Px: Glutathionperoxidase; U: unit bzw. Einheit; weitere Zeichenerklärung siehe Tab. 1).

Selen in µg/kg TS Milch

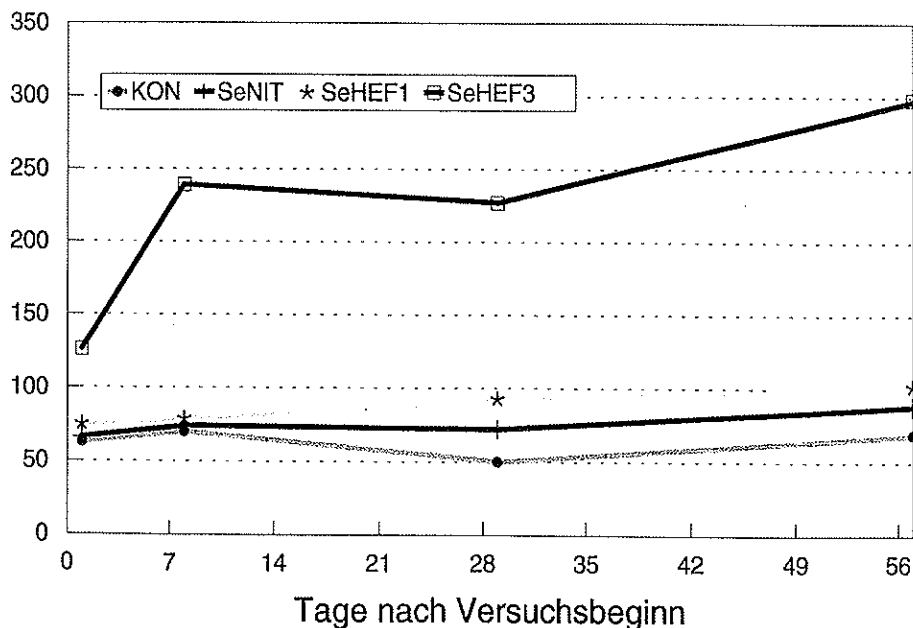


Abb. 4. Selengehalt der Milch (Zeichenerklärung siehe Tab. 1).

GSH-Px-Aktivität in den Organen

Tabelle 2 gibt eine Übersicht über die in Nieren, Herz und Lebern gemessenen GSH-Px-Aktivitäten. Diese zeigen für alle Organe eine vergleichbare Reihenfolge. So weisen die Tiere mit 0,3 mg Se pro kg Futter-TS durchwegs die höchsten GSH-Px-Aktivitäten auf. Die tiefsten Werte haben die Kontrolltiere, während die beiden

Verfahren mit 0,1 mg Se pro kg Futter-TS eine Zwischenstellung einnehmen. Ein statistisch gesicherter Unterschied zwischen den Verfahren ist aber nur bei der Leber zu beobachten.

Schlussfolgerungen für die Praxis

Se-Quelle: Entsprechend den beiden Kriterien Se-Konzentration im Blutplasma

und GSH-Px-Aktivität in den Erythrozyten besteht in der Verwertung von Natriumselenit und selenreicher Hefe kein wesentlicher Unterschied. Dieses Ergebnis deckt sich mit der Beobachtung von Johansson *et al.* (1990) und Pehrson *et al.* (1989). Nach Pehrson *et al.* (1989) sind Differenzen zwischen anorganischen und organischen Se-Quellen primär dann zu erwarten, wenn die Tiere vor der Se-Ergänzung eine mangelhafte oder knappe Se-Versorgung aufweisen. Für die Praxis würde dies bedeuten, dass organische Se-Quellen vorab bei der Behebung einer nicht bedarfsdeckenden Se-Versorgung von Interesse sind. Ansonsten hätte die Se-Quelle eine geringere Bedeutung. Damit wird man aber den verschiedenen Se-Quellen nur teilweise gerecht. Zahlreiche Versuche (Boltshauer und Kessler 1990; Nicholson *et al.* 1991) weisen auf die intermediär bessere Verwertung von organischen Se-Quellen hin. Ein solcher Hinweis bildet auch der im vorliegenden Versuch tendenzmässig höhere Se-Gehalt der Milch der Tiere mit selenreicher Hefe im Vergleich zu denen mit Natriumselenit. Höhere Se-Gehalte in der Milch sind unter anderem im Zusammenhang mit der Se-Versorgung des säugenden Wiederkäuers von Interesse. Entgegen der Erwartung besteht zwischen den beiden Se-Quellen in bezug auf die GSH-Px-Aktivität in Nieren, Herz und Lebern kein wesentlicher Unterschied. Nach Moksnes und Norheim (1983) sowie anderen Untersuchungen sind wesentliche Unterschiede erst bei einer deutlich über dem Bedarf liegenden Se-Ergänzung zu erwarten.

Im Zusammenhang mit der intermediären Verwertung von organischen Se-Quellen gilt es zu berücksichtigen, dass diese keine chemisch einheitliche Gruppe bilden. So kann unter anderem deren Gehalt an Selenomethionin und Selenocystein, welches ähnlich dem Selenit metabolisiert wird, und damit die intermediäre Verwertung recht erheblich variieren (Beilstein und Whanger 1986). Dies trifft auch für die Se-reichen Hefen zu. Nach Hakkarainen (1993) ist es zudem nicht ausgeschlossen, dass das Tier für eine optimale Deckung des Se-Bedarfes sowohl anorganisches als auch organisches Selen benötigt.

Se-Angebot: Gemessen an den Referenzwerten für die Se-Konzentration im Blutplasma und die GSH-Px-Aktivität in den Erythrozyten ist die Versorgung der Versuchstiere als bedarfsdeckend zu bezeichnen. Dies gilt insbesondere auch für die



Abb. 5. Wir dienten als Modell für die Milchkuh. (Foto: M. Kaufmann, Coppet)

Kontrolltiere, die mit rund 0,05 mg Se in der Futter-TS deutlich unter dem empfohlenen Angebot von 0,1 mg liegen. Durch die Erhöhung des Se-Gehaltes der Ration mit Natriumselenit oder selenreicher Hefe auf rund 0,1 beziehungsweise 0,3 mg/kg Futter-TS nehmen die Se-Konzentration im Blutplasma sowie die GSH-Px-Aktivität in den Erythrozyten deutlich zu. Inwieweit diese Zunahme im Hinblick auf die optimale Se-Versorgung des Tieres anzustreben ist, kann anhand der im Versuch erhobenen Daten nicht abschliessend beantwortet werden. Berücksichtigt man aber zusätzliche Grössen wie allgemeiner Kenntnisstand in bezug auf das Se (Bedarfsschätzung, Mangelprophylaxe, Immunität), Fütterungspraxis sowie Umweltbelastung, so dürfte ein empfohlenes Angebot von 0,1 mg Selen pro kg Futter-TS für den Wiederkäuer ausreichen.

LITERATUR

- Beilstein M.A. and Whanger P.D., 1986. Deposition of dietary organic and inorganic Selenium in rat erythrocyte proteins. *J. Nutr.* 116, 1701-1710.
- Boltshauser M. und Kessler J., 1990. Verwertung von Selen unterschiedlicher Herkunft durch den Wiederkäuer. *Landwirtschaft Schweiz* 3, 59-63.
- Hakkarainen J., 1993. Bioavailability of selenium. *Norw. J. Agric. Sci.*, Suppl. No. 11, 21-35.
- Johansson E., Jacobsson S.-O., Luthman J. and Lindh U., 1990. The biological response of selenium in individual erythrocytes and GSH-Px in lambs fed sodium selenite or selenium yeast. *J. Vet. Med. A* 37, 463-470.
- Moksnes K. and Norheim G., 1983. Selenium and glutathione peroxidase levels in lambs receiving feed

supplemented with sodium selenite or selenomethionine. *Acta vet. scand.* 24, 45-58.

Nicholson J.W.G., McQueen R.E. and Bush R.S., 1991. Response of growing cattle to supplementation with organically bound or inorganic sources of selenium or yeast cultures. *Can. J. Anim. Sci.*, 803-811.

Pehrson B., Knutsson M. and Gyllenswärd M., 1989. Glutathione peroxidase activity in heifers fed diets supplemented with organic and inorganic selenium compounds. *Swedish J. agric. Res.* 19, 53-56.

RÉSUMÉ

Levures riches en sélénium dans l'alimentation des ruminants

Après une période d'adaptation de 3 semaines, 20 chèvres de la race de Gessenay en lactation ont reçu durant 26 jours une ration composée pour moitié de foin sec et pour moitié d'aliment concentré sans adjonction de sélénium. Par la suite, les animaux ont été attribués par groupes de cinq aux quatre traitements suivants pour une durée de 58 jours: contrôle sans adjonction de sélénium (KON; teneur en Se de la ration: 0,047 mg/kg MS), adjonction de sélénite de sodium (SeNIT; teneur en Se de la ration: 0,091 mg/kg MS) et adjonction de deux concentrations différentes de levures riches en sélénium (SeHEF1; teneur en Se de la ration: resp. 0,097 mg/kg MS et SeHEF3; 0,268 mg Se/kg MS). La teneur en vitamine E des quatre rations était comparable. Aucune différence significative n'a été enregistrée entre les quatre traitements pour l'ingestion, la production laitière et pour la composition du lait (matière azotée, matière grasse, lactose). Les ani-

maux ont réagi à l'adjonction de Se par une hausse distincte de la concentration en Se du plasma sanguin (concentration en Se à la fin de l'essai en $\mu\text{g/l}$: KON 60^a, SeNIT 98^b, SeHEF1 110^b, SeHEF3 130^c) ainsi que par une augmentation de l'activité GSH-Px dans les érythrocytes (activité GSH-Px à la fin de l'essai en U/g Hb: KON 60^a, SeNIT 81^b, SeHEF1 81^b, SeHEF3 121^c). On n'observe pas de différences entre les sources de sélénium. Avec une moyenne de 223 μg par kg de MS, les animaux du traitement SeHEF3 ont présenté la plus haute concentration de Se dans le lait. Les valeurs des autres traitements se sont élevées à 63 μg pour KON, 75 μg pour SeNIT et 87 μg pour SeHEF1. Les activités GSH-Px mesurées dans les reins, le foie et le coeur vont en diminuant dans l'ordre suivant: SeHEF3, SeNIT, SeHEF1, et KON. Une différence statistiquement significative entre les traitements n'a été observée que pour le foie.

SUMMARY

Selenium-rich yeasts in ruminant feeding

After a three weeks' adaptation period, twenty lactating Saanen goats were fed a hay and concentrate diet (50 : 50), which was not upgraded with Selenium, for 26 days. Five animals were subsequently allotted to each of the following treatments which lasted 58 days: control diet, no Se-supplementation (KON; Se content of the diet: 0.047 mg/kg DM), supplementation with sodiumselenite (SeNIT; Se content of the diet: 0.091 mg/kg DM) and supplementation with two different concentrations of Se-rich yeasts (SeYEA1; Se content of the diet: 0.097 mg/kg DM and SeYEA3; 0.268 mg Se/kg DM). Vitamin E contents were comparable in all four diets. Feed intake, milk production and milk content did not significantly differ between treatments. Following the Se-supplementation; blood (plasma) Se concentration of the animals rose distinctly (Se concentrations at the end of the experimental period in $\mu\text{g/l}$: KON 60^a, SeNIT 98^b, SeYEA1 110^b, SeYEA3 130^c) along with increased GSH-Px-activity in the erythrocytes (final GSH-Px-activities in U/g Hb: KON 60^a, SeNIT 81^b, SeYEA1 81^b, SeYEA3 121^c). There were no significant differences between the two selenium sources. Animals of the treatment SeYEA3 had the highest milk Se concentration which attained an average level of 223 μg /kg DM while the values in the remaining groups were 63 μg for the KON group, 75 μg for SeNIT and 87 μg for SeYEA1. Renal, hepatic and cardiac GSH-Px-activities diminished in the following order: SeYEA3, SeNIT, SeYEA1 and KON. However, significant treatment effects were only observed for liver values.

KEY WORDS: selenium, yeast, ruminant, goat, milk