تأثير استخدام السيلينيوم النانوي بتراكيز مختلفة عند تغذية نعاج العواس في بعض مؤشرات الحليب

The effect of using nano-selenium at different concentrations in feeding Awassi ewes on certain milk indices

ايهاب احمد عبيدو[1] حسان منير عباس[2] عبد الناصر العمر[3] ثناء شريتح[4]

الملخص

أُجريت هذه التجربة في محطة بحوث مرج الكريم التابعة لوزارة الزراعة بريف منطقة سلمية في محافظة حماه بهدف دراسة تأثير تراكيز مختلفة من السيلينيوم النانوي (0.3– 0.4 – 0.5 ملغ/كغ علف جاف) المضاف في مرحلة التلقيح إلى علائق نعاج أغنام العواس في بعض مؤشرات الحليب (الدسم، المواد الصلبة اللادهنية SNF، البروتين، الغلوكوز، الأملاح، الكثافة، الناقلية الكهربائية، والرقم الهدروجيني PH). جرعت الحيوانات سيلينيوم نانوي في مرحلة التلقيح والإخصاب لمدة 90 يوماً بدءاً من تاريخ 2023/5/14 (مع بداية مرحلة الدفع الغذائي قبل التلقيح بنصف شهر) حتى تاريخ 2023/8/12. أخذت قراءة المؤشرات المدروسة بعد الولادة عند بدء موسم إدرار الحليب وفي نهاية الموسم. استخدمت في التجربة 28 نعجةً من نعاج أغنام العواس في الموسم الثالث من الإنتاج، وزعت إلى أربع مجموعات، ضم كل منها 7 نعاج. عوملت جميع المجموعات معاملة واحدة من حيث التغذية وظروف الرعاية، باستثناء نوع وكمية السيلينيوم المضافة لتغذيتها، إذ أعطيت المجموعة الاولى (مجموعة الشاهد) سيلينيوم معدني، أما المجموعات الثلاثة المتبقية (مجموعات التجربة) أعطيت سيلينيوم نانوي وفق النسب التالي: المجموعة الثانية (0.3 ملغ /كغ علف جاف)، المجموعة الثالثة (0.4 ملغ /كغ علف جاف)، المجموعة الرابعة (0.5 ملغ /كغ علف جاف). بيّنت النتائج أنّ إضافة السيلينيوم النانوي في مرحلة التلقيح بنسب مختلف بديلاً عن

[1]طالب دكتوراه في قسم الإنتاج الحيواني كلية الهندسة الزراعية، جامعة حمص، حمص، سوريا.
[2]أستاذ في قسم الإنتاج الحيواني كلية الهندسة الزراعية، جامعة حمص، حمص، سوريا.
[3]دكتور في مركز بحوث حماه، وزارة الزراعة، حماه، سوريا.
[4] أستاذ مساعد في قسم الكيمياء كلية العلوم، جامعة حمص، حمص، سوريا.

السيلينيوم المعدني أدت في بداية موسم الإدرار إلى زيادة معنوية ($P\leq0.05$) في كل من دهن الحليب وكثافته ومحتواه من اللاكتوز والبروتين، بينما لم يكن هناك أي تغيرات معنوية ($P>0.05$) في PH الحليب وناقليته الكهربائية ومحتواه من الأملاح، أما في نهاية موسم الإدرار لم تظهر أية تغيرات معنوية ($P>0.05$) بين مجموعات التجربة ومجموعة الشاهد في جميع المؤشرات المدروسة.

كلمات مفتاحية: تقانة النانو، أغنام العواس، سيلينيوم نانوي، نعاج، مؤشرات الحليب.

Abstract

This experiment was conducted at the Marj Al-Karim Research Station of the Ministry of Agriculture in the countryside of Salamiyah district in Hama Governorate. The aim was to study the effect of different concentrations of nano-selenium (0.3-0.4-0.5 mg/kg dry feed) added to the rations of Awassi ewes during the insemination stage on some milk indicators (fat, solid non-fat (SNF), protein, glucose, salts, density, electrical conductivity, and pH). The animals were fed with nano-selenium during the insemination and fertilization stages for 90 days, starting from May 14, 2023 (with the start of the feed booster phase half a month before insemination) until August 12, 2023. The indicators studied were measured after birth, at the start of the milk production season, and at the end of the season. Twenty-eight Awassi ewes in the third production season were used in the experiment, divided into four groups, each containing 7 ewes. All groups were treated identically in terms of nutrition and care conditions, except for the type and quantity of selenium added to their feed. The first group (the control group) was given mineral selenium, while the remaining three groups (the experimental groups) were given nano-selenium at the following ratios: group 2 (0.3 mg/kg dry feed), group 3 (0.4 mg/kg dry feed), and group 4 (0.5 mg/kg dry feed). The results showed that adding nano-selenium at different ratios during the insemination stage, instead of mineral selenium, led to a significant increase ($P \leq 0.05$) in milk fat, density, lactose, and protein content at the beginning of the lactation season. However, there were no significant changes ($P > 0.05$) in milk pH, electrical conductivity, or salt content. At the end of the lactation season, no significant changes ($P > 0.05$) were

observed between the experimental groups and the control group in all studied indicators.

Keywords: Nanotechnology, Awassi sheep, Nano selenium, Ewes, Milk Indicators.

1- المقدمة

تعدّ الأغنام من أهم الثروات الحيوانية التي يعتمد عليها الإنسان في إنتاج اللحوم والحليب والصوف. فإنتاج اللحوم من الأغنام يوفر مصدراً غذائياً غنياً بالبروتينات عالية الجودة، كما يعتبر حليب الأغنام مصدراً مركزاً للدهون والبروتين والفيتامينات، ويستخدم في الصناعات الغذائية كالأجبان والزبدة (Flis *et al.,* 2023; Alibekov *et al.,* 2025). وقد شهدت العقود الأخيرة اهتماماً متزايداً بتربية الأغنام، لما تُشكله من مصادر دخل مهمة للمربين (Koluman & Paksoy, 2024; Hossain & Islam, 2025). نظراً لهذه الأهمية الاقتصادية، فقد ازداد الاهتمام بتغذية الأغنام، باعتبار أن جودة وكمية المنتجات الحيوانية (اللحم، الحليب، الصوف) تتأثر بشكل مباشر بمكونات العلف والتغذية. وقد برز الاهتمام أكثر مع ارتفاع تكلفة المكونات العلفية والفجوة بين الطلب على المنتجات الحيوانية والعرض، مما دفع الباحثين والمزارعين إلى تحسين كفاءة التغذية كمكون اقتصادي مؤثر في الربحية (Science Publishing Group, 2023).

مع التقدم التقني وظهور تكنولوجيا النانو في السنوات الأخيرة، توسعت تطبيقات النانو لتشمل مجالات الزراعة والطب والتغذية الحيوانية. ولعل إحدى أهم تطبيقات تكنولوجيا النانو في تغذية الحيوانات هي استخدام أشكال نانوية من المعادن، ومن أشهرها السيلينيوم النانوي (nano-Se). وقد اتجهت الأبحاث الحديثة إلى استبدال السيلينيوم المعدني التقليدي بالسيلينيوم النانوي في أعلاف الأغنام بغية تحسين الامتصاص وتقليل الأثر السلبي للسمية المحتملة، وزيادة الفائدة في المؤشرات الإنتاجية والصحية.

تبين الدراسات أن السيلينيوم النانوي قد يمتاز بقدرة أفضل على الامتصاص مقارنة بالصور التقليدية، مما ينعكس على مؤشرات الحليب مثل المادة الصلبة اللادهنية (SNF)، اللاكتوز، البروتين، الأملاح، الناقلية الكهربائية، الكثافة، الأس الهيدروجيني، ونسبة الدهن.

فمن حيث محتوى الدهن، أشارت دراسات حديثة إلى أن مكملات السيلينيوم النانوي قد تسهم في رفع نسبة الدهن في الحليب نتيجة لتحسين هضم الألياف والطاقة وتزويد الخلايا اللبنية بمقدمات الأحماض الدهنية، خاصة في حالات الإجهاد الحراري أو التغذية المكثفة (Ying *et al.,* 2025). أما اللاكتوز، فقد أوضحت أبحاث أن السيلينيوم النانوي يساعد على استقرار إنتاج اللاكتوز عبر تحسين حالة الطاقة وميكروفلورا الكرشي، مما يؤدي إلى زيادة تركيز الجلوكوز اللازم لتخليق اللاكتوز (Rabee *et al.,* 2023; Han *et al.,* 2021).

وفيما يتعلق بـ البروتين وSNF، فقد بينت دراسات متعددة أن السيلينيوم النانوي يرفع من كفاءة البروتين الحيوي عبر تحسين النشاط الأنزيمي والتمثيل الغذائي، وزيادة مضادات الأكسدة داخل الخلايا اللبنية، مما ينعكس إيجاباً على البروتين الكلي والمواد الصلبة الذائبة (Xiao *et al.,* 2024; Guo *et al.,* 2024).

وقد خلصت مراجعات تحليلية إلى أن السيلينيوم النانوي يحسن العديد من مؤشرات الحليب عبر تعزيز الحالة التأكسدية، وتحسين امتصاص العناصر، وزيادة النشاط المناعي، مع اختلاف شدة التأثير باختلاف السلالة والجرعة (Rabee *et al.,* 2023; Ceballos *et al.,* 2009).

وبناءً على ما تقدم، فإن الاستفادة من السيلينيوم النانوي في تغذية أغنام العواس يُتوقع أن تسهم في تحسين جودة الحليب ومكوناته (بروتين، دهن، SNF، لاكتوز، أملاح) إضافة إلى تعزيز كفاءة التحويل الغذائي والحالة الصحية العامة.

2- هدف البحث

يهدف البحث إلى دراسة تأثير تراكيز مختلفة من السيلينيوم النانوي (0.3- 0.4 - 0.5 ملغ/كغ علف جاف) المضافة إلى علائق نعاج أغنام العواس في مرحلة التلقيح في بعض مؤشرات الحليب المأخوذة في مرحلة الإنتاج (بداية مرحلة الإنتاج ونهايتها) وهي الدسم، المواد الصلبة اللادهنية SNF، البروتين، الغلوكوز، الأملاح، الكثافة، الناقلية الكهربائية، والرقم الهدروجيني PH.

3- مواد البحث وطرائقه

3-1 موقع التجربة: أجري هذا البحث في محطة بحوث مرج الكريم التابعة لوزارة الزراعة بريف منطقة سلمية في محافظة حماه.

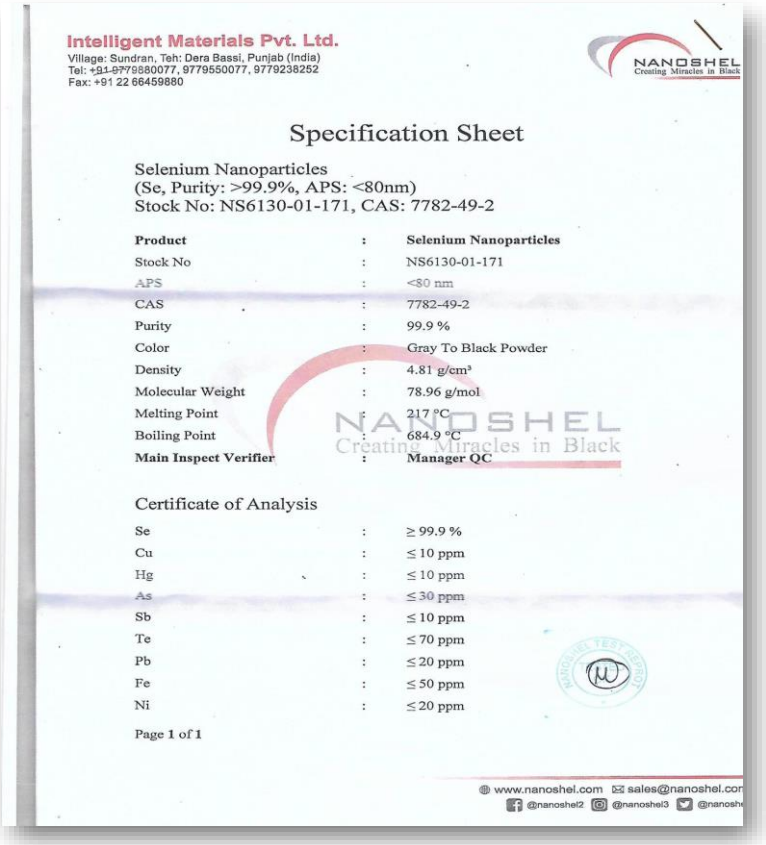
3-2 حيوانات ومجموعات التجربة: استخدم في هذه التجربة 28 نعجةً من نعاج أغنام العواس في الموسم الثالث من الإنتاج، وزعت إلى أربع مجموعات، وضمت كل مجموعة 7 نعاج، عوملت جميع النعاج معاملة واحدة من حيث ظروف الرعاية والتغذية، باستثناء نوع وكمية السيلينيوم في التغذية التي اختلفت وفق خطة البحث، والتي شملت أربع معاملات، وفق مايلي:

- المجموعة الاولى (مج1): وهي مجموعة الشاهد أعطيت سيلينيوم معدني.
- المجموعة الثانية (مج2): أعطيت سيلينيوم نانوي بنسبة 0.3 ملغ/كغ علف جاف.
- المجموعة الثالثة (مج3): أعطيت سيلينيوم نانوي بنسبة 0.4 ملغ/كغ علف جاف.
- المجموعة الرابعة (مج4): أعطيت سيلينيوم نانوي بنسبة 0.5 ملغ/كغ علف جاف.

3-3 مصدر السيلينيوم النانوي وتحليله

تم الحصول على مادة السيلينيوم النانوي ذات اللون الرمادي المسود بدرجة نقاوة 99.9% وحجم جزيئاتها أصغر من 80 نانومتر من شركة NANOSHEL الهندية، ويوضح الشكل (1) صورة تحليل الشركة الهندية للمادة.

وقد تم التأكد من أقطار السيلينوم النانوي بأخذ عينة وفحصها على المجهر الإلكتروني في هيئة الطاقة الذرية في دمشق ويبين الشكل (2) صورة المجهر الإلكتروني للسيلينيوم النانوي المستخدم في التجربة موضحاً عليها الأبعاد.



Intelligent Materials Pvt. Ltd.
Village: Sundran, Teh: Dera Bassi, Punjab (India)
Tel: +91-9779880077, 9779550077, 9779238252
Fax: +91 22 66459880

NANOSHEL
Creating Miracles in Black

Specification Sheet

Selenium Nanoparticles
(Se, Purity: >99.9%, APS: <80nm)
Stock No: NS6130-01-171, CAS: 7782-49-2

Product	:	**Selenium Nanoparticles**
Stock No	:	NS6130-01-171
APS	:	<80 nm
CAS	:	7782-49-2
Purity	:	99.9 %
Color	:	Gray To Black Powder
Density	:	4.81 g/cm³
Molecular Weight	:	78.96 g/mol
Melting Point	:	217 °C
Boiling Point	:	684.9 °C
Main Inspect Verifier	:	**Manager QC**

NANOSHEL
Creating Miracles in Black

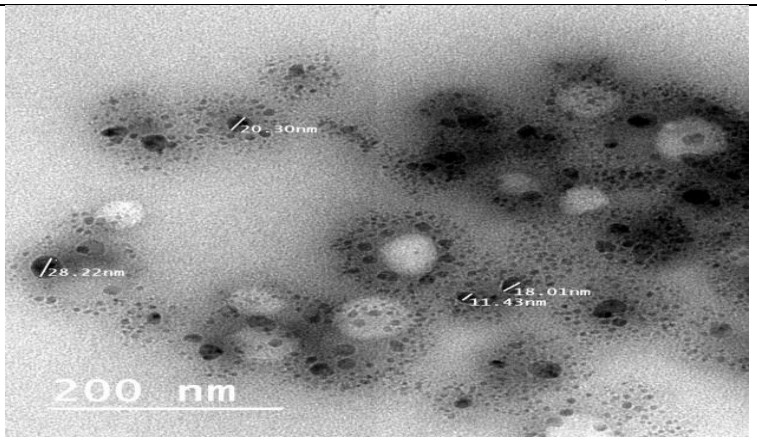
Certificate of Analysis

Se	:	≥ 99.9 %
Cu	:	≤ 10 ppm
Hg	:	≤ 10 ppm
As	:	≤ 30 ppm
Sb	:	≤ 10 ppm
Te	:	≤ 70 ppm
Pb	:	≤ 20 ppm
Fe	:	≤ 50 ppm
Ni	:	≤ 20 ppm

Page 1 of 1

www.nanoshel.com sales@nanoshel.com
@nanoshel2 @nanoshel3 @nanoshel

شكل (1): تحليل الشركة الهندية NANOSHEL لمادة السيلينيوم النانوي



شكل (2): قياس أبعاد جزيئات السيلينيوم النانوي تحت المجهر الالكتروني

3-4 مدة التجربة

جرعت الحيوانات سيلينيوم نانوي لمدة 90 يوماً بدءاً من تاريخ 2023/5/14 (مع بداية مرحلة الدفع الغذائي قبل التلقيح بنصف شهر) حتى تاريخ 2023/8/12، أما قراءة المؤشرات المدروسة تم أخذها في بداية الموسم بعد الولادة عند بدء إدرار الحليب وفي نهاية الموسم.

3-5 التغذية

غذيت حيوانات التجربة على خلطة علفية نسبة البروتين الخام فيها 13.1%، وطاقتها 6.81 ميغا جول، مكونة من كسبة الصويا، الشعير، نخالة القمح، ملح الطعام، دي كالسيوم، وبريمكس لا يحتوي على سيلينيوم. تماثلت الخلطة العلفية المقدمة لمجموعات التجربة في جميع مكوناتها باستثناء نوع وكمية السيلينيوم فقد اختلفت بين المعاملات وفقاً لخطة البحث أنفة الذكر، فتم إضافة السيلينيوم المعدني إلى خلطة مجموعة الشاهد بشكل مباشر، بينما تم تجريع السيلينيوم النانوي لحيوانات مجموعات التجربة بوساطة محقن عن طريق الفم بعد تمديده بالماء المقطر بنسب معينة بحيث تصل الجرعة اليومية اللازمة لكل معاملة ممددة بـ 2.5مل ماء مقطر. تم حساب الجرعة اليومية اللازمة لكل حيوان بناءً على وزنه، حيث يستهلك كل حيوان بالمتوسط علف جاف مقداره 3.5% من وزنه، ومن معرفة كمية العلف الجاف المعطى للحيوان يمكننا حساب كمية السيلينيوم النانوي الواجب إيصالها للحيوان بشكل يومي بعد تمديدها ب2.5 مل ماء مقطر. ويوضح الجدول

(1) تركيب الخلطة العلفية المستخدمة في التجربة ومحتواهما من الطاقة والبروتين الخام، وقد تم حساب نسبة البروتين والطاقة الموجودة في الخلطة بناءً على كمية الطاقة والبروتين الموجودة في مكوناتها.

جدول (1): مكونات الخلطة العلفية

المادة العلفية	نسبتها (%)	الطاقة الصافية (ميغا جول)	البروتين الخام (%)
كسبة صويا	5	7.3	44
نخالة	25	5.7	14
شعير	67	7.5	11
ملح طعام	1	–	–
بريميكس (بدون سيلينيوم)	1	–	–
ديكالسيوم ثنائي الفوسفات	1	–	–
المجموع	100		
محتوى 1 كغ		6.81 ميغا جول	130.7 غ

3-6 المؤشرات المدروسة

تم تحليل مكونات الحليب الفيزيائية والكيميائية باستخدام جهاز Lactoscan MCC 50 من إنتاج شركة .Milkotronic Ltd صُنع في بلغاريا – موقع الشركة.www.milkotronic.com :

يعتبر هذا الطراز من الجهاز (MCC 50) من أكثر النماذج كفاءةً واستخداماً في المخابر، يعمل بتقنية التحليل بالموجات فوق الصوتية (Ultrasonic Milk Analysis Method)، وهي تقنية غير تدميرية تعتمد على إرسال موجات صوتية بتردد عالٍ عبر العينة الحليبية وقياس سرعة انتشارها وتغير شدة الإشارة المنعكسة داخل الوسط. تُعد هذه المعاملات الفيزيائية مؤشراً لتركيب الحليب ومكوناته.

تقوم خوارزميات الجهاز بتحويل القيم الناتجة عن مقاومة الموجات وسرعتها وكثافتها إلى نسب مكونات الحليب وفق معادلات تجريبية تم تطويرها بواسطة الشركة المصنعة اعتماداً على النماذج

القياسية العالمية. قبل استخدام الجهاز تمت معايرته باستخدام عينات معيارية ذات قيم معروفة لكل المؤشرات المقاسة.

قبل التحليل، تم خلط العينات جيدًا بتقليبها بين وعاء وأخر عدة مرات للتجانس، وأُخذت كمية قدرها 20–30 مل من الحليب الطازج في درجة حرارة (20–25 °م)، وأُدخلت العينة إلى الجهاز مباشرة عبر أنبوب السحب.

يُجري الجهاز تحليلًا كاملاً خلال حوالي 90 ثانية، وتُعرض النتائج على الشاشة الرقمية، ثم تحفظ أو تُطبع حسب الحاجة. ويوضح الشكل رقم (3) صورة جهاز Lactoscan أثناء تحليل الحليب للتجربة.

شكل (3): صورة جهاز Lactoscan MCC 50 أثناء تحليل الحليب للتجربة.

آلية قياس المؤشرات:

- الدهن (Fat %)

يقيس الجهاز امتصاص الموجات فوق الصوتية وتبعثرها داخل الوسط الحليبي. جزيئات الدهن (الليبيدات) تعمل على إعاقة انتشار الموجات، وكلما ارتفعت نسبة الدهن زاد زمن عبور الموجة وانخفضت سرعتها، مما يُترجم إلى زيادة في القيمة المقاسة (De Luca *et al.,* 2013).

- البروتين (Protein %)

يُستنتج من التغير في سرعة الموجة فوق الصوتية داخل الوسط الحليبي، إذ تؤدي زيادة محتوى البروتين إلى رفع الكثافة الصوتية للحليب وزيادة مقاومته. تعتمد خوارزميات الجهاز على علاقة تجريبية بين سرعة الموجة وكثافة البروتين لتقدير النسبة الدقيقة (Chávez-Martínez *et al.,* 2020).

- اللاكتوز (Lactose %)

يتم تقديره بطريقة غير مباشرة من خلال تأثير تركيز السكريات الذائبة على الناقلية الكهربائية وسرعة الموجة الصوتية. كلما زاد محتوى اللاكتوز زادت الموصلية الكهربائية (Liu *et al.,* 2018)، وقلت الكثافة الصوتية للوسط، ومن ثم يحسب الجهاز النسبة ضمن معادلات تصحيحية تعتمد على درجة الحرارة.

- المواد الصلبة اللادهنية (SNF %)

تُحسب باستخدام معادلات رياضية تربط بين الكثافة، اللاكتوز، والبروتين. تعتمد طريقة الحساب على معادلة غير خطية طُورت اعتمادًا على التحليل الإحصائي لعلاقات هذه المؤشرات (Milkotronic, n.d.).

- الكثافة (Density)

تُقاس مباشرة عبر مقارنة زمن عبور الموجات فوق الصوتية في العينة مع الزمن في وسط مرجعي. الحليب ذو الكثافة الأعلى يسبب بطئًا في عبور الموجة نتيجة المقاومة الأعلى للوسط.

واحدة قياس الكثافة في الجهاز هي قيمة لاكتومترية رقمية، أي قراءة رقمية تعتمدها الشركة لسهولة العرض، ولتحويل هذه القراءة إلى واحدة الكثافة غ/سم^3 نستعين بالمعادلة التالية:

(القيمة الظاهرة ÷ 1000) + 1000 = قيمة الكثافة مقاسة بـ غ/سم^3

أي أن الجهاز يحذف رقم الواحد والنقطة العشرية لسهولة العرض

- الناقلية الكهربائية (Conductivity)

تقاس بواسطة مستشعر كهربائي مدمج يقيس كمية التيار المار بين قطبين عند جهد ثابت. الموصلية الكهربائية تعكس تركيز الأملاح الذائبة (Na^+ , K^+ , Cl^-) وهي مؤشر على الحالة الأيونية للحليب (Zaninelli *et al.,* 2015).

- درجة الحموضة (PH)

تُقاس باستخدام حساس كهروكيميائي (Glass Electrode Sensor) مدمج بالجهاز يقيس جهد أيونات الهيدروجين في العينة. تُعد قيمة pH مؤشرًا هامًا على سلامة الحليب وتغيراته الميكروبية (Aydogdu *et al.*, 2023).

3-7 التحليل الاحصائي

تم تحليل النتائج إحصائياً باستخدام برنامج Minitab 22.2 وفق طريقة تحليل التباين لمتغير واحد (One-way ANOVA) لدراسة تأثير إضافة السيلينيوم في المؤشرات المدروسة، ولإجراء المقارنة بين المتوسطات تم استخدام اختبار Tukey عند مستوى معنوية 0.05 (Gomez, 1984).

4- النتائج والمناقشة

4-1 مؤشرات الحليب في بداية موسم الادرار

يبين الجدول (2) التحليل الإحصائي لمؤشرات الحليب المدروسة في بداية موسم الإدرار.

جدول (2): المؤشرات المدروسة في بداية موسم الإدرار

المؤشرات المدروسة	مج1	مج 2	مج3	مج4	*P*
الدهن (%)	6.95 ± 0.38^{b}	7.02 ± 0.31^{ab}	7.39 ± 0.44^{ab}	7.57 ± 0.47^{a}	0.024
SNF (%)	8.76 ± 0.16^{c}	8.79 ± 0.14^{bc}	8.98 ± 0.13^{b}	9.2 ± 0.14^{a}	0.000
اللاكتوز (%)	3.9 ± 0.14^{b}	4 ± 0.09^{ab}	4.08 ± 0.15^{ab}	4.1 ± 0.16^{a}	0.007
الأملاح (%)	0.67 ± 0.038 NS	0.7 ± 0.032 NS	0.72 ± 0.035 NS	0.72 ± 0.036 NS	0.042
البروتين (%)	4.08 ± 0.14^{b}	4.02 ± 0.15^{b}	4.1 ± 0.16^{b}	4.27 ± 0.11^{a}	0.018
الكثافة (g/cm3)	1.02888 ± 0.00072^{b}	1.02974 ± 0.00082^{b}	1.03109 ± 0.00054^{a}	1.03233 ± 0.00123^{a}	0.000
الناقلية (ms/cm)	4.17 ± 0.36 NS	4.15 ± 0.25 NS	4.1 ± 0.4 NS	4.1 ± 0.16 NS	0.790
PH	6.69 ± 0.06 NS	6.7 ± 0.07 NS	6.68 ± 0.08 NS	6.7 ± 0.05 NS	0.936

* a, b, c : وجود الأحرف المختلفة ضمن السطر الواحد يعني وجود فروق معنوية ($P\leq0.05$)

* NS: تعني عدم وجود فروق معنوية في العمود.

يُلاحظ من الجدول (2) أن إضافة السيلينيوم النانوي إلى علائق نعاج العواس قد أحدثت تأثيراً واضحاً في بعض مؤشرات الحليب الإنتاجية والكيميائية، مما يعكس الدور الحيوي الذي يؤديه هذا العنصر عندما يُقدم بصيغته النانوية ذات التوافر الحيوي العالي.

لقد بينت النتائج وجود فروق معنوية ($P \leq 0.05$) في نسبة الدهن بين المجموعة الرابعة والمجموعة الأولى (الشاهد)، إذ سجلت النعاج المغذاة على أعلى تركيز من السيلينيوم النانوي (0.5 مع / كغ علف جاف) تفوقاً واضحاً مقارنة بمجموعة الشاهد. ويمكن تفسير هذه الزيادة بأن السيلينيوم النانوي يمتاز بقدرته على تحسين الحالة التأكسدية للأنسجة الحيوية، ولا سيما خلايا الغدة الثدية، عبر تحفيز نشاط إنزيمات مضادات الأكسدة مثل الغلوتاثيون بيروكسيداز (Han *et al.*, 2020؛ Xiao *et al.*, 2024؛ Dlouhá *et al.*, 2008)، الأمر الذي يقلل من تلف الأغشية الخلوية ويحسن من كفاءة التمثيل الحيوي للدهون داخل النسيج الثديي (Ying *et al.*, 2025).

كما تشير بعض الدراسات إلى أن تحسين نشاط الإنزيمات المؤكسدة في الكبد يؤدي إلى زيادة إنتاج الحموض الدهنية الطيارة، خصوصاً حمض الخليك الذي يعد الركيزة الأساسية لتخليق الدهن في الحليب (Sitaresmi *et al.*, 2024). إضافةً إلى ذلك، فإن الجسيمات النانوية الصغيرة تمتاز بقدرتها العالية على الاختراق والنفاذ داخل الخلايا مقارنةً بالشكل المعدني التقليدي، ما يتيح استفادة أعلى من السيلينيوم كمكوّن محفز لعمليات الأيض الحيوي (Budak, 2024؛ Sitaresmi *et al.*, 2024).

تتفق هذه النتيجة مع ما أشار إليه liu وآخرون (2024) الذين أوضحوا أن إدخال السيلينيوم النانوي في علائق الأبقار أدى إلى زيادة معنوية في نسبة الدهن في الحليب، بينما تختلف مع ما توصل إليه Tan وآخرون (2025) الذين لم يلاحظوا تأثيراً معنوياً للسيلينيوم التقليدي في مكونات الحليب، مما يبرز تفوق الشكل النانوي في التأثير على العمليات الأيضية.

كما أظهرت النتائج في الجدول (2) وجود فروق معنوية ($P \leq 0.05$) في نسبة المواد الصلبة اللادهنية (SNF) بين المجموعات، إذ تميزت المجموعتان الثالثة والرابعة (اللتان جرعتا سيلينيوم نانوي بنسبة 0.4 و0.5 ملغ/كغ علف جاف على الترتيب)، بارتفاع معنوي واضح مقارنة بالشاهد، ويمكن إرجاع ذلك إلى أن تحسن الحالة التأكسدية ينعكس على نشاط غدة الثدي في تكوين المكونات الصلبة للحليب كالبروتينات واللاكتوز، وهو ما يؤدي إلى زيادة في محتوى SNF الكلي. وقد أوضحت دراسات سابقة أن السيلينيوم النانوي يعزز كفاءة امتصاص العناصر الغذائية الدقيقة

ويحسن من استخدام الطاقة داخل الخلايا الثدية مما يرفع إنتاج المكونات غير الدهنية (Xiao *et al.,* 2024)، كما أشار Kareem وآخرون (2024) إلى أن تحسن الحالة المناعية والتمثيل الغذائي الناتج عن تغذية المجترات على مكملات السيلينيوم النانوي يرتبط بزيادة معنوية في محتوى SNFللحليب، نتيجة تعزيز تكوين البروتين واللاكتوز. وهذا يوضح أن تأثير السيلينيوم النانوي يتعدى دوره كمضاد أكسدة إلى كونه منظماً للأيض داخل غدة الثدي.

أما بالنسبة إلى نسبة اللاكتوز، فقد أظهرت النتائج أيضاً فروقاً معنوية ($P\leq0.05$) بين المجموعة الرابعة والشاهد، إذ ارتفع محتوى اللاكتوز في الحليب عند النعاج التي تلقت المكملات النانوية وخاصة المجموعة الرابعة التي تفوقت على مجموعة الشاهد. ويُعزى هذا الارتفاع إلى أن السيلينيوم النانوي يحسن من إمداد غدة الثدي بالجلوكوز، إذ يعد الجلوكوز المادة الأولية لتكوين اللاكتوز. كما أن تحسين وظيفة الكبد وزيادة كفاءة الأيض الكربوهيدراتي يساعدان في تحويل الجلوكوز إلى لاكتوز بشكل أكثر فعالية (Sitaresmi *et al.,* 2024).

ويعتقد أيضاً أن إنخفاض الإجهاد التأكسدي بفضل السيلينيوم النانوي يقلل من التلف الخلوي ويزيد من حيوية خلايا الظهارة الثدية المسؤولة عن إفراز اللاكتوز، ما ينعكس على زيادة نسبته في الحليب (Tan *et al.*, 2025؛ Zheng *et al.*, 2022). تتماشى هذه النتائج مع ما وجده كلاً من Ying وآخرون (2025) وLiu وآخرون (2024) الذين لاحظوا تحسناً في نسب اللاكتوز في حليب الماعز والابقار على التوالي عند إضافة السيلينيوم النانوي، بينما خالفت ما أورد Kareem وآخرون (2024) الذين لم يجدوا فروقاً معنوية عند استخدام السيلينيوم التقليدي.

كما بينت نتائج الجدول (2) وجود فروق في نسبة البروتين بين المجموعات، إذ تفوقت ($P\leq0.05$) هنا أيضاً المجموعة الرابعة المعاملة بالسيلينيوم النانوي بنسبة 0.5 ملغ/ كغ علف جاف على الشاهد. وقد تفسر هذه الزيادة بتحسين قدرة غدة الثدي على التقاط الأحماض الأمينية وتكوين البروتينات اللبنية بفضل التحسن في حالة مضادات الأكسدة وارتفاع نشاط الأنزيمات المؤكسدة داخل الخلايا (Pecoraro *et al.*, 2022).

ويذكر أن السيلينيوم النانوي يزيد من قدرة الخلايا على مقاومة الإجهاد التأكسدي ويحد من حدوث التلف البروتيني، مما يسمح بتخليق بروتينات الحليب بمستوى أعلى (Zheng *et al.,* 2022). كما أن تحفيز نشاط الميكروبات النافعة في الكرش بفعل السيلينيوم النانوي يسهم في تحسين هضم

البروتين الخام ورفع كفاءة استخدام النيتروجين، ما يزيد من توفر الأحماض الأمينية الموجهة لتخليق البروتين في الحليب (Sitaresmi *et al.,* 2024).

تتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه Ji وآخرون (2025) الذين أشاروا إلى أن السيلينيوم النانوي أدى إلى تحسين معنوي في محتوى البروتين بالحليب، بينما تختلف مع نتائج Tanوآخرون (2025) الذين لم يسجلوا فروقاً معنوية باستخدام الشكل التقليدي للسيلينيوم.

أما بالنسبة إلى الكثافة، فقد أظهرت النتائج أيضاً فروقاً بين المجموعات، إذ ارتفعت قيم الكثافة عند نعاج المجموعتان الثالثة والرابعة المغذتان على السيلينيوم النانوي متفوقتان ($P\leq0.05$) بذلك على المجموعتين الأولى والثانية. وتعزى هذه الزيادة إلى أن الكثافة ترتبط ارتباطاً مباشراً بمحتوى الحليب من المكونات الصلبة، لذا فإن التحسن في نسب الدهن وSNF والبروتين انعكس طبيعياً على الكثافة النهائية للحليب. وتشير هذه النتيجة إلى وجود تحسن شامل في القيمة الغذائية للحليب، وهو ما أكده Kareem وآخرون (2024) الذين وجدوا علاقة طردية بين استخدام السيلينيوم النانوي وارتفاع الكثافة نتيجة زيادة المواد الصلبة الكلية.

أما بالنسبة لمؤشري الناقلية الكهربائية ودرجة الحموضة (pH). فقد أظهرت النتائج عدم وجود فروق معنوية ($P>0.05$) بين المجموعات التجريبية كافة، مما يشير إلى أن إضافة السيلينيوم النانوي لم تؤثر على توازن الشحنات الأيونية أو الحالة الحمضية القاعدية في الحليب. ويعزى ذلك إلى أن السيلينيوم النانوي، رغم تأثيره المحفز للأنزيمات المضادة للأكسدة، لا يتدخل بشكل مباشر في مكونات الحليب الذائبة أو في تركيز الأيونات المعدنية المسؤولة عن التوصيل الكهربائي، كما أنه لا يؤثر في نظم التنظيم الفسيولوجي لدرجة الحموضة داخل الغدة اللبنية، وهذا يعني سلامة الضرع، ويؤكد عدم وجود أي تأثير سلبي للسيلينيوم النانوي عليها. وقد اتفقت هذه النتائج مع ما توصل إليه Han وآخرون (2021) الذين لم يلاحظوا أي فروق معنوية في قيم الناقلية الكهربائية ودرجة الحموضة عند إضافة السيلينيوم النانوي إلى علائق الأبقار الحلوب، مؤكدين أن تأثير هذا العنصر يتركز بشكل أكبر في الجوانب الأيضية والأنزيمية وليس في التوازن الأيوني أو الحمضي القاعدي للحليب.

بالنسبة لمؤشر الأملاح في الحليب، فقد أظهرت النتائج عدم وجود فروق معنوية ($P>0.05$) بين المجموعات التجريبية، مما يشير إلى أن إضافة السيلينيوم النانوي إلى علائق النعاج لم يكن لها تأثير واضح على تركيز الأملاح الذائبة في الحليب عند بداية موسم الإدرار. ويمكن تفسير ذلك

بأن نسبة الأملاح تخضع بدرجة كبيرة لعوامل فيزيولوجية مرتبطة بتوازن الأيونات في الدم ونشاط النقل داخل الغدة اللبنية، وهي عمليات يضبطها الجسم بشكل صارم للحفاظ على استقرار البيئة الداخلية للحليب، بغض النظر عن التغيرات الطفيفة في المكملات المعدنية مثل السيلينيوم. إن السيلينيوم، سواء بصورته العضوية أو النانوية، يعمل في المقام الأول كعنصر مضاد للأكسدة من خلال تنشيط أنزيمات مثل الجلوتاثيون بيروكسيداز، دون أن يتداخل بشكل مباشر مع الأيونات المعدنية المسؤولة عن تركيز الأملاح في الحليب (Dlouhá *et al.*, 2008) وقد أوضح Xiao وآخرون (2024)أن التغيرات في الأملاح غالباً ما تكون مرتبطة بعوامل غذائية تؤثر في توازن الكاتيونات والأيونات أكثر من ارتباطها بالعناصر النادرة مثل السيلينيوم. من خلال هذه المناقشة، يتضح أن إضافة السيلينيوم النانوي بجرعات متفاوتة أثرت على بعض مكونات الحليب، خصوصاً الدهن، المادة غير الدهنية الصلبة (SNF)، اللاكتوز، البروتين، والكثافة، بينما لم تؤثر بشكل معنوي في الأملاح، الناقلية الكهربائية، أو pH.

4-2 مؤشرات الحليب في نهاية موسم الادرار

يبين الجدول (3) التحليل الإحصائي لمؤشرات الحليب المدروسة في نهاية موسم الإدرار.

جدول (3): المؤشرات المدروسة في نهاية موسم الإدرار

المؤشرات المدروسة	مج1	مج 2	مج3	مج4	*P*
الدهن (%)	7.27±0.25 NS	7.33±0.21 NS	7.19±0.21 NS	7.4±0.22 NS	0.382
SNF (%)	9.1±0.13 NS	8.98±0.12 NS	9.12±0.16 NS	9.2±0.2 NS	0.079
اللاكتوز (%)	4.09±0.15 NS	4±0.17 NS	4.1±0.15 NS	4.18±0.23 NS	0.314
الأملاح (%)	0.71±0.039 NS	0.73±0.032 NS	0.71±0.040 NS	0.69±0.038 NS	0.307
البروتين (%)	4.21±0.14 NS	4.15±0.07 NS	4.20±0.07 NS	4.25±0.1 NS	0.107
الكثافة	1.02920± 0.00105 NS	1.09260± 0.00072 NS	1.02960± 0.00106 NS	1.03049± 0.00134 NS	0.168
الناقلية (ms/cm)	4.08±0.12 NS	4.14±0.12 NS	4.04±0.14 NS	4.07±0.16 NS	0.599
PH	6.7±0.08 NS	6.74±0.03 NS	6.7±0.06 NS	6.66±0.05 NS	0.105

* a, b, c : وجود الأحرف المختلفة ضمن السطر الواحد يعني وجود فروق معنوية ($P \leq 0.05$)

* NS: تعني عدم وجود فروق معنوية في العمود.

في نهاية موسم الإدرار، بينت نتائج التحليل الإحصائي الظاهرة في الجدول (3) عدم وجود أي فروق معنوية ($P>0.05$) بين المجموعات التجريبية في جميع المؤشرات المدروسة، بما في ذلك محتوى الدهن، البروتين، اللاكتوز، المواد الصلبة اللادهنية (SNF)، الأملاح، الكثافة، الناقلية الكهربائية ودرجة الحموضة. ويشير ذلك إلى أن التأثير الإيجابي الذي لوحظ عند بداية موسم الإدرار نتيجة تجريع النعاج بالسيلينيوم النانوي قد تلاشى تدريجياً مع مرور الوقت، ولم يستمر حتى نهاية فترة إنتاج الحليب.

يمكن تفسير هذا الانخفاض في التأثير بارتباطه الوثيق ببرنامج التجريع الذي تم خلال مرحلة الدفع الغذائي وما بعدها، إذ استمر إعطاء السيلينيوم النانوي لمدة ثلاثة أشهر تقريباً (قبل التلقيح بنصف شهر وبعده بشهرين ونصف)، أي خلال النصف الأول من فترة الحمل فقط. وبما أن مدة الحمل في النعاج تبلغ نحو خمسة أشهر، فإن النصف الثاني من الحمل لم يتلق فيه الحيوان أي دعم إضافي من السيلينيوم النانوي، مما أدى بمرور الوقت إلى انخفاض تركيز السيلينيوم الفعّال في الدم والأنسجة مع تقدم الحمل وبداية موسم الإدرار، حتى زال تأثيره تماماً مع نهاية الموسم. يدعم هذا التفسير ما ذكره Hosseintabar وآخرون في دراسة أجراها عام 2024 بأن السيلينيوم النانوي يخزن في بعض أنسجة الجسم مثل الكبد والعضلات لفترة محدودة، إلا أن هذا المخزون لا يكفي للحفاظ على مستويات مرتفعة من السيلينيوم في الدم أو الحليب لفترات طويلة بعد التوقف عن التجريع، إذ يخضع لعمليات استقلاب وإطراح تدريجية. بناءً على ذلك، يمكن القول إن غياب الفروق المعنوية في نهاية موسم الإدرار لا يعني بالضرورة عدم فاعلية السيلينيوم النانوي، بل يعكس طبيعة تأثيره المؤقت والمقيد بفترة التعرض له. فبمجرد توقف الإمداد، يعود الحيوان تدريجياً إلى المستويات الأساسية من الأداء الأيضي والفيزيولوجي، خاصة مع ارتفاع المتطلبات الغذائية والإنتاجية في مراحل الإدرار المتقدمة، مما يجعل الحفاظ على التأثير الإيجابي مرهوناً بالاستمرارية في التجريع أو بتكرار الجرعات على فترات مدروسة.

من خلال ما سبق مناقشته، يتضح أن تأثير السيلينيوم النانوي في تحسين مؤشرات حليب النعاج العواس كان واضحاً خلال بداية موسم الإدرار، إذ ظهرت فروق معنوية إيجابية في بعض المكونات مثل الدهن، البروتين، والمواد الصلبة اللادهنية، مما يعكس الدور الحيوي للسيلينيوم في تعزيز النشاط الأنزيمي والأيضي داخل الغدة اللبنية. إلا أن هذا التأثير لم يستمر حتى نهاية موسم الإدرار، وهو ما يشير بوضوح إلى أن استجابة الحيوان كانت مؤقتة ومرتبطة بفترة التجريع فقط، إذ أدى

توقف الإمداد خلال النصف الثاني من الحمل إلى تراجع تدريجي في مستويات السيلينيوم الفعّال داخل الجسم، وبالتالي إلى غياب التأثير عند المراحل المتأخرة من الإنتاج.

5- الاستنتاجات والتوصيات

تبيّن من خلال ما تمّ دراسته ما يلي:

- إلى أن إضافة السيلينيوم النانوي إلى علائق النعاج العواس خلال مرحلة الدفع الغذائي والنصف الأول من الحمل يمكن أن تسهم في تحسين بعض المؤشرات النوعية للحليب في بداية موسم الإدرار، ولا سيما مكونات الدهن والبروتين والمواد الصلبة اللادهنية.
- كما تؤكد النتائج أن هذا التحسن ذو طبيعة مؤقتة، إذ يتلاشى تدريجياً عند نهاية الإدرار نتيجة انخفاض مستوى السيلينيوم في الجسم بعد التوقف عن التجريع، مما يحدّ من استمرارية تأثيره الإيجابي.
- بناءً على ما سبق يوصى بمواصلة تجريع السيلينيوم خلال مراحل الحمل المتأخرة وفترة الإدرار المبكرة للحفاظ على المستوى الفعّال من السيلينيوم في الجسم وضمان استمرار أثره الإيجابي على مكونات الحليب.
- كما يوصى بضرورة إجراء دراسات مستقبلية تركز على تكرار التجربة مع تمديد فترة التجريع لتشمل كامل فترة الحمل والإدرار، مما يتيح فهماً أدق لتأثير السيلينيوم النانوي المستمر على الأداء الإنتاجي والنوعي للحليب.

6- المراجع

1- Alibekov, R. S., Taspoltayeva, A. R., Urazbayeva, K. A., Shambulova, G. D., & Hardy, M. (2025). A comparative study of the physiochemical and compositional properties of Edilbay sheep milk. European Food Research and Technology, 251, 1719–1729.

2- Aydogdu, T., O'Mahony, J. A., & McCarthy, N. A. (2023). pH, the fundamentals for milk and dairy processing: A review. Dairy, 4(3), 395–409.

3- Budak, D. (2024). Effects of nano selenium on some metabolic and rumen parameters in dorper sheep. Van Veterinary Journal, 35(1), 83-88.

4- Ceballos, A. M., Morales, E., & others. (2009). Selenium in ruminant nutrition: A review. Animal Bioscience, 22(3), 123–134.

5- Chávez-Martínez, A., Reyes-Villagrana, R. A., Rentería-Monterrubio, A. L., Sánchez-Vega, R., Tirado-Gallegos, J. M., & Bolivar-Jacobo, N. A. (2020). Low and high-intensity ultrasound in dairy products: Applications and effects on physicochemical and microbiological quality. Foods, 9(11), 1688.

6- De Luca, M., Santonico, M., Pennazza, G., & Iarossi, S. (2013). Ultrasound based sensor for fat detection in fresh milk. In Sensors: Proceedings of the First National Conference on Sensors, Rome 15-17 February, 2012 (pp. 499-502). New York, NY: Springer New York.

7- Dlouhá, G., Sevcikova, S., Dokoupilova, A., Zita, L., Heindl, J., & Skrivan, M. (2008). Effect of dietary selenium sources on growth performance, breast muscle selenium, glutathione peroxidase activity and oxidative stability in broilers. Czech Journal of Animal Science, 53(6), 265.

8- Flis, Z., Molik, E., Ptak, A., & Szatkowski, P. (2023). Natural bioactive compounds in sheep milk: Potential biomedical applications. Current Issues in Molecular Biology, 47(6), 456.

9- Gomez, K. A., & Gomez, A. A. (1984). Statistical procedures for agricultural research. John wiley & sons.

10- Guo, W., Shi, X., Wang, L., Cong, X., Cheng, S., Li, L., & Cheng, H. (2024). Nano-selenium preparation and its application in sheep feed. Veterinary Sciences, 15(1), 22.

11- Han, L., Pang, K., Fu, T., Phillips, C. J. C., & Gao, T. (2021). Nano-selenium supplementation in dairy cows: Effects on milk yield and antioxidant status. Biological Trace Element Research, 199(2), 456–467.

12- Han, L., Pang, K., Fu, T., Phillips, C. J. C., & Gao, T. (2020). Nano-selenium supplementation increases selenoprotein (Sel) gene expression profiles and milk selenium concentration in lactating dairy cows. Biological Trace Element Research, 199(1), 113-119.

13- Hossain, M. E., & Islam, S. (2025). Why sheep matter? A holistic perspective on productive, social, and economic benefits. STM Journals in Agricultural Science, 12(1), 33–45.

14- Hosseintabar-Ghasemabad, B., Kvan, O.V., Sheida, E.V. et al. Nano selenium in broiler feeding: physiological roles and nutritional effects. AMB Expr 14, 117 (2024).

15- Ji, X., Deng, X., Liu, N., & Wang, J. (2025). Milk profiles of selenoamino acids, selenoenzymes, and selenoproteins of peripartal dairy cows fed with different selenium sources. Animal Bioscience, 38(6), 1175.

16- KAREEM, O., SAADI, A. M., & ALMALLAH, O. D. (2024). Addition Of Selenium Nanoscale to High Diets with Wheat Bran and Its Effect on Milk Production and Composition in Awassi Ewes. Assiut Veterinary Medical Journal, 70(183), 323-334.

17- Koluman, N., & Paksoy, Y. (2024). Sustainability of sheep farming in Eastern Mediterranean region. In S. Kukovics (Ed.), Sheep Farming - Sustainability from Traditional to Precision Production. IntechOpen.

18- Liu, Y., Zhang, J., Bu, L., Huo, W., Pei, C., & Liu, Q. (2024). Effects of nanoselenium supplementation on lactation performance, nutrient digestion and mammary gland development in dairy cows. *Animal Biotechnology*, *35*(1), 2290526.

19- Liu, Q., Guo, W., & Zhu, X. (2018). Effect of lactose content on dielectric properties of whole milk and skim milk. International Journal of Food Science and Technology, 53(9), 2037–2044.

20- Milkotronic. (n.d.). Appendix 5: Easy calibration of the milk analyser by calculating basic parameters via formulas. Retrieved

21- Pecoraro, B. M., Leal, D. F., Frias-De-Diego, A., Browning, M., Odle, J., & Crisci, E. (2022). The health benefits of selenium in food animals: A review. Journal of Animal Science and Biotechnology, 13, 58. https://doi.org/10.1186/s40104-022-00706-2.

22- Rabee, A. E., Khalil, M. M. H., Khadiga, G. A., Elmahdy, A., Sabra, E. A., Zommara, M. A., & Khattab, I. M. (2023). Response of rumen fermentation and microbial community to nano-selenium supplementation in sheep. BMC Veterinary Research, 19(1), 112.

23- Science Publishing Group. (2023). Socio-economic importance of sheep production. American Journal of Environmental and Resource Economics, 8(3), 45–52.

24- Shanmugam, A., Chandrapala, J., & Ashokkumar, M. (2012). The effect of ultrasound on the physical and functional properties of skim milk. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 16(1), 251–258.

25- Sitaresmi PI, Hudaya MF, Atmoko BA, Wulandari W, Ujilestari T. (2024). Production and effects of nanomineral selenium (Nano-Se) feed additive on rumen fermentation, productivity, and reproductive performance of ruminants. J Adv Vet Anim Res 2024; 11(3):782–795.

26- Tan, L., Zhao, Y., Sun, J., Bai, C., Du, H., Yan, X., ... & Huo, W. (2025). Effects of Coated Sodium Selenite Supplementation on the Milk Yield, Apparent Digestibility, Rumen Fermentation, Blood

Biochemical Parameters and Antioxidant Parameters in Dairy Buffaloes. Animals, 15(19), 2767.

27- Xiao, M., Wang, Y., Wei, M., Peng, W., Wang, Y., Zhang, R., Zheng, Y., Ju, J., Dong, C., Du, L., & Bao, M. (2024). Effects of nanoselenium supplementation on milk composition and antioxidant status in dairy cows. Frontiers in Veterinary Science, 11, 1418165.

28- Ying, Z., Xie, S., Xiu, Z. et al. Under heat stress conditions, selenium nanoparticles promote lactation through modulation of rumen microbiota and metabolic processes in dairy goats.

29- Zaninelli, M., Agazzi, A., Costa, A., Tangorra, F. M., Rossi, L., & Savoini, G. (2015). Evaluation of the Fourier frequency spectrum peaks of milk electrical conductivity signals as indexes to monitor the dairy goats' health status by on-line sensors. Sensors, 15(8), 20698–20715.

30- Zheng, Y., Xie, T., Li, S., Wang, W., Wang, Y., Cao, Z., & Yang, H. (2022). Effects of selenium as a dietary source on performance, inflammation, cell damage, and reproduction of livestock induced by heat stress: A review. Frontiers in Immunology, 12, 820853.