

DOI: 10.11829/j.issn.1001-0629.2019-0284

李妙善, 王虎成, 张霞. 反刍动物食糜肽氮含量测定方法. 草业科学, 2020, 37(4): 784-790.

LI M S, WANG H C, ZHANG X. Determination of peptide nitrogen in ruminant digesta. Pratacultural Science, 2020, 37(4): 784-790.

反刍动物食糜肽氮含量测定方法

李妙善, 王虎成, 张霞

(兰州大学草业科学实验教学中心 / 兰州大学草地农业科技学院, 甘肃 兰州 730020)

摘要: 以牛的瘤胃和皱胃食糜为材料, 采用 $L_9(3^4)$ 正交试验设计, 研究 Tris-HCl 缓冲液浓度 (0.02、0.04 和 $0.06 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$)、pH (6.8、7.4 和 8.0)、料液比 (1 : 15、1 : 20 和 1 : 25) 及浸提时间 (40、60 和 80 min) 对牛胃食糜内肽氮含量测定结果的影响, 旨在优选出最佳的肽氮测定方法。结果表明, 牛胃食糜氮素分离条件为 Tris-HCl 缓冲液浓度 $0.06 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、pH 6.8、料液比 1 : 25、浸提 60 min 时, 所测定的肽氮含量最大值为 $14.97 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ (瘤胃食糜) 和 $19.28 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ (皱胃食糜)。

关键词: 牛; 食糜; 肽氮含量; 测定方法

文献标志码: A 文章编号: 1001-0629(2020)04-0784-07

Determination of peptide nitrogen in ruminant digesta

LI Miaoshan, WANG Hucheng, ZHANG Xia

(Experimental Teaching Center of Pratacultural Science / College of Pastoral Agriculture Science and Technology,
Lanzhou University, Lanzhou 730020, Gansu, China)

Abstract: In the present experiment, the cattle digesta from the rumen and abomasum were used to establish a moderate method for the determination of the peptide nitrogen content of the ruminant gastrointestinal digesta using the $L_9(3^4)$ orthogonal design. The effects of the Tris-HCl buffer concentration (0.02, 0.04, or $0.06 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$), Tris-HCl buffer pH (6.8, 7.4, or 8.0), ratio of dry digesta to Tris-HCl buffer (1 : 15, 1 : 20, or 1 : 25), and extraction time (40, 60, or 80 min) on the determination of the peptide nitrogen content in the cattle gastric digesta were studied. The results show that the moderate separation conditions of nitrogen from cattle gastric digesta were $0.06 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 6.8, 1 : 25, and 60 min, respectively, and the maximum contents of peptide nitrogen were $14.97 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ and $19.28 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ in the rumen and abomasum digesta, respectively.

Keywords: cattle; digesta; peptide nitrogen content; determination method

Corresponding author: WANG Hucheng E-mail: wanghuch@lzu.edu.cn

早在 1956 年就有研究发现, 绵羊采食后的短时间内瘤胃液中含有大量的非蛋白质、非氨态氮物质^[1], 直到 1987 年 Chen 等^[2] 研究发现, 瘤胃液中存在肽形态的氮, 至此瘤胃内肽的代谢在国外被广泛关注。肽和游离氨基酸可刺激细菌的生长, 能加快微生物蛋白的合成, 细菌总是优先摄

取肽而不是游离氨基酸, 且肽比氨基酸更能刺激瘤胃微生物的生长^[3]。测定肽含量常用的方法有双缩脲法、OPA 法 (邻苯二甲醛法)、紫外吸收法和差量法, 在饲料^[4]、食品^[5] 及药物^[6] 中已有报道。双缩脲法测定速度较快, 但是灵敏度较差, 不能区别大分子蛋白残留和小分子肽; OPA 适用于乳源

收稿日期: 2019-06-11 接受日期: 2019-09-16

基金项目: 国家重点研发计划 (2018YFD0502302)

第一作者: 李妙善 (1994-), 女, 甘肃景泰人, 在读硕士生, 研究方向为动物营养与饲料科学。E-mail: limsh17@lzu.edu.cn

通信作者: 王虎成 (1978-), 男, 甘肃陇西人, 副教授, 硕导, 博士, 研究方向为反刍动物营养。E-mail: wanghuch@lzu.edu.cn

性的多肽测定；紫外吸收法简便、灵敏，但易受有机物干扰。因此目前应用较多的肽氮的测定方法主要为差量法，即样品通过浸提处理、蛋白质大分子沉淀后，测定上清液总氮及氨态氮的含量，二者差值即为肽氮含量^[4]。此外，尽管目前针对豆粕等饲料已建立了测定其中肽氮含量的方法，但反刍动物采食的饲料在瘤胃内被降解或整合，该方法并不适用于测定反刍动物消化道食糜肽氮，建立一种准确、快速的检测方法，对反刍动物蛋白质营养的深入研究尤为必要。为此，本研究采用差量法原理，对样品前处理因素 Tris-HCl 缓冲液浓度、pH、料液比和浸提时间进行优化，旨在筛选测定牛胃食糜内肽氮含量的适宜参数，为反刍动物食糜内肽氮含量的测定提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 试剂

Tris-HCl 缓冲液、三氯乙酸、硼酸、浓硫酸、浓盐酸、氢氧化钠、甲基红、溴甲酚绿、乙酸、乙酸钠、甲醇、乙酰丙酮和硫酸铵。

1.1.2 仪器

SCIENTZ-10ND 冷冻干燥机 (宁波新芝生物科技股份有限公司)，Satorius BSA224S 电子天平 (赛多利斯科学仪器有限公司)，烘箱 (上海精宏实验设备有限公司)，摇床振荡器 (赛默飞世尔科技公司)，Sigma 2-16KL 离心机 (济南来宝医疗器械有限公司)，消煮炉、K9840 自动凯氏定氮仪 (济南海能仪器股份有限公司)，BioTek 酶标仪 (西安腾领生物科技有限公司)，HH-S6 型电热恒温水浴锅 (北京科伟永兴仪器有限公司)，SX620 笔式 pH 计 (成都锐新仪器仪表有限公司)。

1.2 设计

参照蔡文君等^[6]的方法，通过 Tris-HCl 缓冲液浸提食糜内含氮物质。影响 Tris-HCl 缓冲液浸提效果的因素有 Tris-HCl 缓冲液浓度、Tris-HCl 缓冲液 pH、料液比和浸提时间，料液比为食糜与 Tris-HCl 缓冲液的比值，浸提时间为 Tris-HCl 缓冲液浸提食糜内含氮物质的时间，故本研究选择 Tris-HCl 缓冲液浓度 (A)、缓冲液 pH (B)、料液比 (C)、浸提

时间 (D) 这 4 个因素，试验因素及水平如表 1 所列， $L_9(3^4)$ 正交试验设计如表 2 所列。

表 1 试验因素水平设计
Table 1 Experimental design of the different factors

水平 Level	A	B	C	D
1	0.02	6.8	1 : 15	40
2	0.04	7.4	1 : 20	60
3	0.06	8.0	1 : 25	80

A, 缓冲液浓度(mol·L⁻¹); B, 缓冲液pH; C, 料液比; D, 浸提时间(min); 下同。

A, Tris-HCl buffer concentration (mol·L⁻¹); B, Tris-HCl buffer pH; C, ratio of dry digesta to Tris-HCl buffer; and D, extraction time (min); similarly for the following tables and figures.

表 2 本试验相关因素正交试验设计表
Table 2 Orthogonal experimental design of the related factors

处理 Treatment	A	B	C	D
T ₁	1	1	1	1
T ₂	1	2	2	2
T ₃	1	3	3	3
T ₄	2	1	2	3
T ₅	2	2	3	1
T ₆	2	3	1	2
T ₇	3	1	3	2
T ₈	3	2	1	3
T ₉	3	3	2	1

1.3 方法

1.3.1 食糜样品及动物饲养管理

食糜供试动物为 4 头西门塔尔肉牛，试牛屠宰前长时间 (60 d) 饲喂青贮组合型全混合日粮^[7]，试牛育肥出栏后于屠宰场屠宰，即刻采集瘤胃和皱胃食糜样品，液氮保存，运至实验室后用冷冻干燥机冻干，粉碎，过 0.425 mm 筛以备肽氮测定。

1.3.2 食糜样品中含氮物质的浸提及大分子蛋白的去除

称取 0.400 0 g 食糜样品，依据前述试验正交设计方案，分别对食糜样品进行 9 种处理，并通过震荡^[8]进行浸提，浸提后于 35 ℃、4 000 r·min⁻¹ 离心 20 min，收集上清液并定容至 50 mL，即为 9 种不同条件处理下的含氮物质浸提液。分别量取 10 mL 浸提液，加入 20 mL 的 TCA 溶液，在室温下静置 30 min，于 35 ℃、4 000 r·min⁻¹ 离心 20 min，收集上清液并定容至 50 mL，从中分别量取 2 mL 用于

总氮及氨基酸态氮的测定。

1.3.3 上清液中总氮的测定

用凯氏定氮法测定上清液中总氮含量^[9]。

1.3.4 上清液中氨基酸态氮的测定

用比色法测定上清液中游离氨基酸态氮含量^[10]。

1.3.5 数据分析

$$X_1 = \frac{(V_1 - V_2) \times c \times 0.014}{m_1 \times V_6 / V_5 \times V_4 / V_3} \times 100\%。$$

式中： X_1 为试样中总氮含量 (%)； m_1 为称取样品的质量 (g)； V_1 为样品消耗盐酸标准液的体积 (mL)； V_2 为试剂空白消耗盐酸标准液的体积 (mL)； V_3 为浸提后定容体积 (mL)； V_4 为量取浸提液体积 (mL)； V_5 为去除大分子蛋白上清液定容体积 (mL)； V_6 为测定试样上清液体积 (mL)； c 为盐酸标准溶液的浓度；0.014 为 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸标准溶液 1 mL 相当于氮克数。

$$X_2 = \frac{m_2}{m_1 \times 1\,000 \times 1\,000 \times V_6 / V_5 \times V_4 / V_3} \times 100\%。$$

式中： X_2 为试样中氨基酸态氮的含量 (%)； m_2 为试样测定液中氮的质量 (μg)。

$$X_3 = X_1 - X_2 = \frac{100}{m_1 \times V_6 / V_5 \times V_4 / V_3} \times [(V_1 - V_2) \times c \times 0.014 - m_2 \times 10^{-6}]。$$

式中： X_3 为试样中肽氮的含量。

数据经 Excel 2003 初步整理后，采用 Design-Expert 软件进行 ANOVA 分析^[11]。

2 结果与分析

2.1 瘤胃食糜内肽氮含量及极差分析

本研究条件下测得的牛瘤胃食糜肽氮的最大值为 $14.97 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ，最小值为 $2.65 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ (表 3)。最优条件为 T_7 ：Tris-HCl 缓冲液浓度 $0.06 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、Tris-HCl 缓冲液 pH 6.8、料液比 1 : 25、浸提时间 60 min。各因素对肽氮测定结果均有显著影响，影响程度表现为 $A > C > B > D$ ，即对 Tris-HCl 浸提法影响最明显的因素是 Tris-HCl 缓冲液浓度和料液比 ($P \leq 0.001$)，其次为 Tris-HCl 缓冲液 pH 和浸提时间 ($P < 0.05$) (表 4)。

2.2 皱胃食糜内肽氮含量及极差分析

本研究条件下测得的牛皱胃食糜肽氮的最大值为 $19.28 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ，最小值为 $3.75 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ (表 5)。最优条件为 T_7 ：Tris-HCl 缓冲液浓度 $0.06 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、Tris-HCl 缓冲液 pH 6.8、料液比 1 : 25、浸提时间 60 min。各因素对肽氮测定结果均有显著影响，影响程度表现为 $A > C > B > D$ ，即对 Tris-HCl 浸提法影响最明显的因素是 Tris-HCl 缓冲液浓度和料液比 ($P < 0.05$)，Tris-HCl 缓冲液 pH 和浸提时间对 Tris-HCl 浸提法影响较小 ($P > 0.05$) (表 6)。

表 3 肉牛瘤胃食糜肽氮正交试验结果

Table 3 Orthogonal test results for the determination of the peptide nitrogen contents in beef cattle rumen digesta

处理 Treatment	A	B	C	D	肽氮 Peptide nitrogen/($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)
T_1	1	1	1	1	2.65 ± 0.05
T_2	1	2	2	2	3.96 ± 0.14
T_3	1	3	3	3	3.73 ± 0.11
T_4	2	1	2	3	7.34 ± 0.25
T_5	2	2	3	1	11.96 ± 0.29
T_6	2	3	1	2	6.77 ± 0.25
T_7	3	1	3	2	14.97 ± 0.05
T_8	3	2	1	3	8.40 ± 0.05
T_9	3	3	2	1	11.29 ± 0.01
k_1	10.34	24.96	17.82	25.90	
k_2	26.07	24.32	22.59	25.70	
k_3	34.66	21.79	30.66	19.47	
R	24.32	3.17	12.84	6.43	

表 4 肉牛瘤胃食糜肽氮含量测定方法方差分析表
Table 4 Analysis of variance concerning the peptide nitrogen contents in beef cattle rumen digesta

变异因子 Variation factor	平方和 Sum of squares	自由度 Degrees of freedom	均方 Mean square	<i>F</i>	<i>P</i>
A	102.01	1	102.01	185.72	<0.001
B	8.24	1	8.24	14.99	0.02
C	45.81	1	45.81	83.39	0.001
D	6.90	1	6.90	12.56	0.02
SEM	2.20	4	0.55		
总和Total	140.28	8			

表 5 肉牛皱胃食糜肽氮测定条件优化正交试验结果
Table 5 Orthogonal test results for the determination of the peptide nitrogen contents in beef cattle abomasal digesta

处理 Treatment	A	B	C	D	肽氮 Peptide nitrogen/(mg·g ⁻¹)
T ₁	1	1	1	1	3.75 ± 0.18
T ₂	1	2	2	2	5.11 ± 0.12
T ₃	1	3	3	3	5.59 ± 0.13
T ₄	2	1	2	3	8.45 ± 0.22
T ₅	2	2	3	1	13.15 ± 0.13
T ₆	2	3	1	2	8.29 ± 0.08
T ₇	3	1	3	2	19.28 ± 0.21
T ₈	3	2	1	3	12.23 ± 0.29
T ₉	3	3	2	1	11.62 ± 0.19
<i>k</i> ₁	14.45	31.48	24.27	28.52	
<i>k</i> ₂	29.89	30.49	25.18	32.68	
<i>k</i> ₃	43.13	25.50	38.02	26.27	
<i>R</i>	28.68	5.98	13.75	6.41	

表 6 肉牛皱胃食糜肽氮含量测定方法方差分析
Table 6 Analysis of variance concerning the peptide nitrogen contents in beef cattle abomasal digesta

变异因子 Variation factor	平方和 Sum of squares	自由度 Degrees of freedom	均方 Mean square	<i>F</i>	<i>P</i>
A	142.26	1	142.26	56.29	0.001
B	18.41	1	18.41	7.28	>0.05
C	55.17	1	55.17	21.83	<0.01
D	0.84	1	0.84	0.33	>0.05
SEM	10.11	4	2.53		
总和Total	190.76	8			

3 讨论

反刍动物吸收肽的途径有两种，肠系膜系统和非肠系膜系统。空肠、回肠、盲肠和结肠为肠系膜系统，瘤胃、网胃、瓣胃、皱胃和十二指肠为非肠系膜系统，其中非肠系膜系统是肽吸收的主要途径，游离氨基酸则主要在肠道中被吸收^[12]。有研究表明，瓣胃氨基酸、肽、可溶性蛋白的平均流量均大于瘤胃中的，而且肽形式的氮占了可溶

性氮的最大部分^[13]，肽的完整吸收与胃肠道肽浓度密切相关。本研究中测得肉牛肽氮含量最大值为 14.97 mg·g⁻¹(瘤胃食糜)和 19.28 mg·g⁻¹(皱胃食糜)，这与前人理论相符。此外，石慧和梁运祥^[4]用差量法测定发酵豆粕中肽氮含量为 412 mg·g⁻¹，远高于牛胃内食糜肽氮含量；敖维平等^[14]测得高温灭菌棉粕中肽氮含量为 2.24 mg·g⁻¹，低于食糜内的肽氮含量。食物进入胃肠道各部位后，在胃肠道中食

糜肽氮的含量有一定差异^[15], 不同的蛋白质饲料对瘤胃发酵及微生物蛋白质合成效率会有影响^[16], 一般采食动物性蛋白、豆饼形成的肽类含量高, 而植物性蛋白质饲料及氨基酸平衡较差的蛋白质, 则以游离氨基酸为主^[3]。在高蛋白水平饲喂下, 瘤胃液内肽含量也会升高。此外, 本研究表明, Tris-HCl 缓冲液浓度对氮的浸提效果有较大的影响, 当缓冲液浓度增加时, 对氮的浸提效果也增强。这与邓丽莉等^[17]研究缓冲液浓度对苹果 (*Malus domestica*) 果肉可溶性蛋白提取效率的结果一致, 其原因可能是随着 Tris-HCl 缓冲液浓度的增加, Tris-HCl 缓冲液与对食糜的浸提作用增强。本研究表明, 在瘤胃食糜中缓冲液 pH 对氮的浸提有影响, 可能是由于蛋白质本身带有电荷, 当缓冲液 pH 发生变化时, 有的蛋白质会发生等电点沉淀, 进而对肽氮含量的测定结果产生影响, 但本研究显示, 在皱胃食糜缓冲液 pH 对氮的浸提有影响, 其原因可能是瘤胃食糜和皱胃食糜之间的 pH 之间有差异, 导致不同 pH 的缓冲液对肽氮测定结果有不同的影响; 本研究表明, 瘤胃和皱胃食糜中料液比对氮浸提有影响, 经方差分析, 料液比为 1:25 时, 氮的浸提效果最佳, 其原因可能是随着料液比增加, 食糜与浸提液的接触表面积增大, 料液浓度变大, 浸出食糜内的含氮物质更多。这与邓丽莉等^[17]研究料液比对苹果果肉可溶性蛋白提取效率的影响结果一致。本研究表明, 在瘤胃食糜中浸提时间对氮浸提有影响, 当浸提时间较短时, 含氮物质还不能完全被浸提出, 随着时间的延长, 浸提完全时, 浸提效果不再改变^[18]。李淑萍等^[19]研究的浸提时间对蚂蚁蛋白质的浸提有影响, 这与本研究结果一致。但本研究结果亦显示, 在皱胃食糜中浸提时间对氮浸提没有影响。反刍动物瘤胃发酵是依靠瘤胃微生物对饲料进行复杂的发酵, 饲料经瘤胃微生物的降解后生成小肽、氨基酸或

氮氮等^[20], 瘤胃微生物在氮源物质转化利用过程中发挥着重要的作用, 反刍动物瘤胃内存在的原虫对细菌的吞噬作用对微生物氮循环亦产生影响, 因此可能会导致瘤胃与皱胃食糜中浸提时间对氮浸提的影响不一致。

肽是蛋白质降解成游离氨基酸的中间产物^[21], 在牛胃肠道中肽的吸收代谢非常复杂^[22], 饲料蛋白在经过瘤胃时, 会由于瘤胃微生物的作用而过多地降解, 使得氨基酸成分在到达皱胃之前即被分解, 产生过量的氨, 造成饲料蛋白的浪费, 当以小肽形式作为氮源时, 整体蛋白质沉积高于相应游离氨基酸日粮和完整蛋白日粮^[23]。有学者提出, 为提高饲料蛋白的利用效率, 降低瘤胃内肽降解的速度, 使得肽能够过瘤胃而不被降解^[24]。近年来, 对于反刍动物消化道对肽的吸收利用规律以及肽对瘤胃微生物的重要作用等研究也愈来愈深入广泛的展开, 而肽氮含量的测定是所有研究中的基础与前提, 目前国内关于反刍动物食糜内肽氮含量的测定方法还较少, 故本研究使用差量法测定牛胃食糜的肽氮含量, 丰富反刍动物食糜内肽氮含量的测定方法。

4 结论

本研究以 Tris-HCl 缓冲液浓度、pH、料液比、浸提时间为因素设置了正交试验, 各因素对食糜内肽氮测定影响程度表现为 Tris-HCl 缓冲液浓度 > 料液比 > Tris-HCl 缓冲液 pH > 浸提时间, 利用 Design-Expert 软件进行了综合分析, 确定其反刍动物食糜氮素分离的最优条件为 Tris-HCl 缓冲液浓度 $0.06 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、Tris-HCl 缓冲液 pH 6.8、料液比 1:25、浸提时间 60 min, 继而结合 TCA 沉淀大分子蛋白、氨基酸态氮比色技术, 可测定牛胃食糜肽氮含量。本研究可为反刍动物食糜内肽氮含量的测定方法提供数据支撑。

参考文献 References:

- [1] ANNISON E F. Nitrogen metabolism in the sheep; protein digestion in the rumen. *Biochemical Journal*, 1956, 64(4): 705-714.
- [2] CHEN G, SNIFFEN C J, RUSSELL J B. Concentration and estimated flow of peptides from the rumen of dairy cattle: Effects of protein quantity, protein solubility, and feeding frequency. *Journal of Dairy Science*, 1987, 70(5): 983-992.
- [3] 王梦芝, 王洪荣, 李国祥, 张洁. 反刍动物肽代谢的研究进展. *草食家畜*, 2006(4): 38-42.
WANG M Z, WANG H R, LI G X, ZHANG J. Advances in research on peptide metabolism of ruminants. *Grass-Feeding Livestock*, 2006(4): 38-42.

- [4] 石慧, 梁运祥. 差量法测定发酵豆粕类饲料中肽氮含量的研究. 粮食与饲料工业, 2015(2): 58-60.
SHI H, LIANG Y X. Determination of peptide nitrogen content in fermented soybean meals by difference method. Cereal & Feed Industry, 2015(2): 58-60.
- [5] 周才琼, 陈东华, 杜木英. 酸肉发酵中蛋白质降解及影响因素的研究. 食品科学, 2009(7): 127-130.
ZHOU C Q, CHEN D H, DU M Y. Study on protein degradation and its affecting factors in fermentation process of sour meat. Food Science, 2009(7): 127-130.
- [6] 蔡文君, 赵文海, 杨春辉. Tris-Hcl 提取法提取鹿茸蛋白质工艺的研究. 临床医药文献电子杂志, 2017(10): 1959.
CAI W J, ZHAO W H, YANG C H. Study on extraction of velvet antler protein by Tris-Hcl extraction. Journal of Clinical Medical Literature, 2017(10): 1959.
- [7] 张霞, 王维中, 王虎成, 郭旭生. 青贮组合型全混合日粮对育肥肉牛生长性能及血液指标的影响. 动物营养学报, 2018, 30(12): 219-229.
ZHANG X, WANG W Z, WANG H C, GUO X S. Effects of silage combination type total mixed ration on growth performance and blood parameters of fattening beef cattle. Journal of Animal Nutrition, 2018, 30(12): 219-229.
- [8] 彭晓邦, 张硕新. 玉米叶水浸提液对不同产地黄芩种子的化感效应. 草业科学, 2012, 29(2): 255-262.
PENG X B, ZHANG S X. Allelopathy effects of aqueous extract of maize leaf on scutellaria baicalensis seeds. Pratacultural Science, 2012, 29(2): 255-262.
- [9] 杨胜. 家畜饲养试验指导. 北京: 农业出版社, 1979.
YANG S. Animal Feeding Experiment Instruction. Beijing: Agriculture Press, 1979.
- [10] 国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.235-2016. 食品中氨基酸的测定. 北京: 中国标准出版社, 2016.
National Health and Family Planning Commission. GB 5009.235-2016. Determination of Amino Acids in Foods. Beijing: China Standards Press, 2016.
- [11] 董妙音, 李万武, 孔维宝, 邢文黎, 侯明杰. 响应面法优化超声波辅助提取文冠果种皮总皂苷的工艺. 中国油脂, 2014, 39(11): 74-78.
DONG M Y, LI W W, KONG W B, XING W L, HOU M J. Optimization of ultrasonic-assisted extraction of total saponins from *Xanthoceras sorbifolia* Bunge seed husk using response surface methodology. China Oils and Fats, 2014, 39(11): 74-78.
- [12] 杨在宾, 袁丽, 乔凯, 沈自泉, 曲浩杰, 于彩云, 李军训. 大豆酶解蛋白改善断奶仔猪生长性能及肠道健康的研究. 饲料工业, 2019, 40(4): 13-18.
YANG Z B, YUAN L, QIAO K, SHEN Z Q, QU H J, YU C Y, LI J X. Effects of enzymolytic soybean meal on growth performance and intestinal health of weaned piglets. Feed Industry, 2019, 40(4): 13-18.
- [13] CHOI C W, VANHATALO A, AHVENJÄRVI S. Effects of several protein supplements on flow of soluble non-ammonia nitrogen from the forestomach and milk production in dairy cows. Animal Feed Science and Technology, 2002, 102(1): 15-33.
- [14] 敖维平, 张蕾, 周东年. 不同菌株发酵降解棉粕蛋白质的特性. 江苏农业科学, 2016, 44(1): 366-368.
AO W P, ZHANG L, ZHOU D N. Characteristics of fermentation degradation of cotton aphid protein by different strains. Jiangsu Agricultural Sciences, 2016, 44(1): 366-368.
- [15] BERKOS O V, SHCHEDRUNOV V V. Dynamics of nitrogenous fractions of the chyme of stomach and small intestine after introduction of foods into various parts of the gastro-intestinal tract. Bulletin of Experimental Biology & Medicine, 1975, 79(2): 100-102.
- [16] BELANCHE A, ABECIA L, HOLTROP G, GUADA J A, CASTRILLO C. Study of the effect of presence or absence of protozoa on rumen fermentation and microbial protein contribution to the chime. Journal of Animal Science, 2011, 89(12): 4163-4174.
- [17] 邓丽莉, 潘晓倩, 生吉萍, 申琳. 考马斯亮蓝法测定苹果组织微量可溶性蛋白含量的条件优化. 食品科学, 2012, 33: 185-189.
DENG L L, PAN X Q, SHENG J P, SHEN L. Optimization of experimental conditions for the determination of water soluble protein in apple pulp using coomassie brilliant blue method. Food Science, 2012, 33: 185-189.
- [18] 徐娟, 吕嘉枋. 乳蛋白水解液中多肽含量测定方法的研究. 食品科技, 2010(12): 275-278.
XU J, LYU J L. Determination of content of peptides in milk protein hydrolysates. Food Science and Technology, 2010(12): 275-278.
- [19] 李淑萍, 徐心诚, 冯爱华. 蚂蚁蛋白质提取方法的比较研究. 信阳师范学院学报(自然科学版), 2009, 22(4): 537-540.
LI S P, XU X C, FENG A H. The comparison study on methods of extract protein from ant. Journal of Xinyang Normal University (Natural Science Edition), 2009, 22(4): 537-540.
- [20] 王欢莉. 山羊瘤胃原虫与细菌之间氮周转规律与机制的研究. 扬州: 扬州大学博士学位论文, 2011.

- WANG H L. Mechanism of nitrogen turnover between protozoa and bacteria in the rumen of goats. PhD Thesis. Yangzhou: Yangzhou University, 2011.
- [21] 杨宏波. 不同精粗比颗粒饲料对 3~6 月龄犊牛生长性能和胃肠道发育的影响. 扬州: 扬州大学硕士学位论文, 2015.
- YANG H B. Effect of pellet diets with different concentrate-roughage ratio on growth performance and development of gastrointestinal tract of 3~6 monthly calves. Master Thesis. Yangzhou: Yangzhou University, 2015.
- [22] 许庆彪. 奶牛瓣胃上皮细胞对小肽的吸收机制及小肽转运载体 1 的特征研究. 杭州: 浙江大学博士学位论文, 2015.
- XU Q B. The mechanism of small peptides absorption in bovine omasal epithelial cells and characterization of bovine peptide transporter 1. PhD Thesis. Hangzhou: Zhejiang University, 2015.
- [23] 赵海云. 小肽的吸收机制及营养功能. *安徽农业科学*, 2013, 41(1): 146-148.
- ZHAO H Y. Adsorption mechanism and nutrition function of small peptides. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2013, 41(1): 146-148.
- [24] CHEN P, OU Y, LI S L. Effect of different protein sources on the concentrations of small peptides in the rumen of sheep. *Archives of Animal Nutrition*, 2007, 61(4): 301-307.

(责任编辑 王芳)

2020 年 3 月国际市场主要畜产品与饲料价格分析

3 月, 国际饲料价格除高粱和苜蓿粉外, 其他饲料价格持续波动; 畜产品市场价格除瘦肉猪、羊肉和鸡肉外, 其他畜产品价格持续下跌。

一、国际饲料市场除高粱和苜蓿粉外, 其他饲料价格持续波动

3 月份, 高粱和苜蓿粉市场价格分别为 148.00 和 291.00 USD·t⁻¹, 保持不变。玉米和大豆价格分别为 140.28 和 319.30 USD·t⁻¹, 环比分别下跌 5.52% 和 1.93%。豆粕、菜籽、豆粉和棉籽饼平均价格分别为 342.04、354.04、306.52 和 301.31 USD·t⁻¹, 环比分别上涨 6.67%、0.77%、9.09% 和 1.24%。

二、畜产品市场价格除瘦肉猪、羊肉和鸡肉上涨外, 其他畜产品价格持续下跌

3 月份, 瘦肉猪、新西兰羊肉和欧盟鸡肉市场价格分别为 1.35、4.11 和 2.53 USD·kg⁻¹, 环比分别上涨 0.87%、0.70% 和 0.66%。其他畜产品, 育肥牛、牛奶、牛肉、新西兰羊羔肉和欧盟猪肉市场价格分别为 2.73、0.30、3.86、5.82 和 1.01 USD·kg⁻¹, 环比分别下跌 9.17%、8.06%、1.93%、3.80% 和 30.83%。

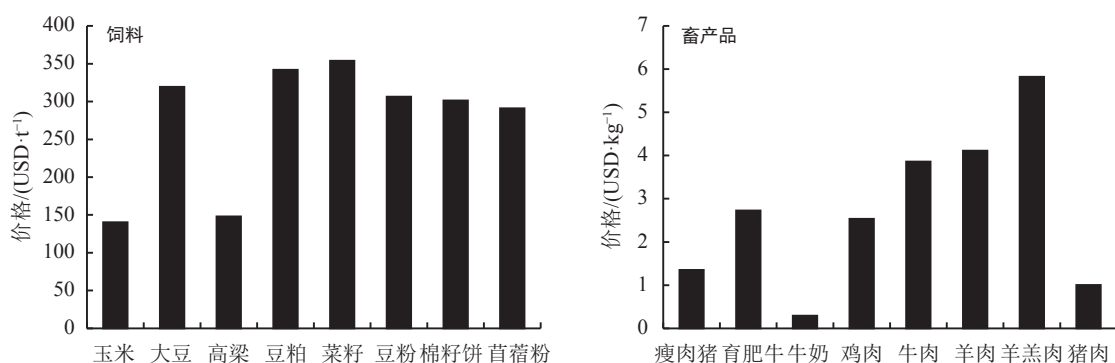


图 1 2020 年 3 月国际市场主要饲料与畜产品价格

数据来源: 国际市场商品价格网 <http://price.mofcom.gov.cn/>; 中国农业信息 <http://www.agri.gov.cn/>; 鸡肉 <http://www.indexmundi.com/>; 羊肉 <http://interest.co.nz/rural>; 牛肉 <http://www.thebeefsite.com/>; 猪肉 <http://www.thepigsite.com/>; 货币汇率 <http://qq.ip138.com/hl.asp>。

(兰州大学草地农业科技学院 杨春涛 整理)