

林秀蔚, 李伟, 丁得利, 等. 和牛血液生化指标与肉品质的相关性分析 [J]. 畜牧与兽医, 2024, 56 (2): 26-30.

LIN X W, LI W, DING D L, et al. Correlation between blood biochemical indexes and meat quality in Wagyu cattle [J]. Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2024, 56 (2): 26-30.

和牛血液生化指标与肉品质的相关性分析

林秀蔚¹, 李伟^{1,2}, 丁得利¹, 刘春海², 姚美玲¹, 朱元芳¹, 王艳菲¹,
李青莹¹, 刘文¹, 苗畅齐², 韩永胜^{1*}

(1. 黑龙江省农业科学院畜牧兽医分院, 黑龙江 齐齐哈尔 163005;

2. 辽宁菲迪饲料科技有限责任公司, 辽宁 兴城 125100)

摘要: 旨在分析和牛血液生化指标与肉品质间的关系, 选取 45 头 60 月龄左右, 平均体重 (372.3±40.2) kg 的澳洲和牛, 对其血液生化指标进行测定并对其肉质进行分级, 采用单因素方差分析不同肉质等级间和牛血液生化指标的差异, 采用熵值法以差异显著的血液生化指标作为评价指标对不同肉质等级的和牛进行评价。结果显示: 不同肉质等级的和牛血液生化指标中胆碱酯酶 (CHE)、钾 (K) 和游离脂肪酸 (NEFA) 含量存在差异, 其中 CHE 在 A2、A3 等级极显著高于 A4 等级 ($P<0.01$); K 在 A4 等级极显著高于 A2 等级 ($P<0.01$), 显著高于 A3 等级 ($P<0.05$); NEFA 在 A4 等级极显著高于 A2、A3 等级 ($P<0.01$)。A4 等级和牛的 CHE、K 和 NEFA 指标评分及综合评分均极显著高于 A2、A3 等级 ($P<0.01$)。结论: 不同肉质等级的和牛血液生化指标间存在显著差异, 和牛血液生化指标可以在一定程度上反映其肉质。

关键词: 和牛; 血液生化指标; 肉质等级; 方差分析

中图分类号: S823.8 文献标志码: A 文章编号: 0529-5130(2024)02-0026-05

Correlation between blood biochemical indexes and meat quality in Wagyu cattle

LIN Xiuwei¹, LI Wei^{1,2}, DING Deli¹, LIU Chunhai², YAO Meiling¹, ZHU Yuanfang¹, WANG Yanfei¹,
LI Qingying¹, LIU Wen¹, MIAO Changqi², HAN Yongsheng^{1*}

(1. Branch of Animal Husbandry and Veterinary Medicine of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences,
Qiqihaer 163005, China;

2. Liaoning FEEDIG Feedstuff Technology Co., Ltd., Xingcheng 125100, China)

Abstract: The aim of this paper was to analyze the relationship between blood biochemical parameters and meat quality of Wagyu cattle. Forty-five 60-month-old Wagyu cattle (372.3±40.2) kg were selected. Their blood biochemical indexes were measured and their meat quality was graded. The differences between the blood biochemical indexes of Wagyu cattle of different meat quality grades were analyzed by one-way ANOVA, and the entropy value method was used to evaluate the Wagyu cattle of different meat quality grades using the significantly different blood biochemical indexes as evaluation indexes. The results showed that the contents of cholinesterase (CHE), potassium (K) and free fatty acids (NEFA) were different among blood biochemical indicators in the Wagyu cattle of different meat quality grades, with CHE highly significant ($P<0.01$) between grades A2, A3 and A4, K highly significant ($P<0.01$) between grades A2 and A4, A3 and A4 ($P<0.05$), and NEFA highly significant ($P<0.01$) between grades A2, A3 and A4. The differences in CHE, K and NEFA index scores and the overall scores of A4 meat grades and cattle were significantly higher than those of A2 and A3 ($P<0.01$). There were significant differences between the blood biochemical indexes of Wagyu cattle of different meat quality grades, and the blood biochemical indexes of Wagyu cattle can reflect their meat quality to a certain extent.

Keywords: Wagyu beef; serum biochemical indicators; meat grade; covariance

收稿日期: 2023-04-19; 修回日期: 2023-11-02

基金项目: 齐齐哈尔市领军人才梯队人才建设资金项目 (齐人社函 [2021] 46 号); 黑龙江省农业科技创新跨越工程农业关键技术科技创新重点攻关项目 (CX23GG07); 黑龙江省现代农业产业技术协同创新推广体系建设项目 (黑农厅函 [2021] 1942 号); 财政部和农业农村部: 国家肉牛牦牛产业技术体系项目 (CARS-37); 黑龙江省农业科学院畜牧兽医分院自拟课题 (ZNKT-202215)

第一作者: 林秀蔚, 女, 硕士

* 通信作者: 韩永胜, 硕士, 研究员级高级畜牧师, 研究方向为肉牛饲养管理与繁育, E-mail: 44099680@qq.com。

近年来,澳大利亚和新西兰的和牛胚胎、冻精和个体逐步引入我国。和牛肉具有丰富的大理石花纹,肌肉脂肪(IMF)丰富,IMF高可改善牛肉的质地,提高适口性^[1]。目前某公司的雪花牛肉占净肉重比例为15.7%,其中A5级牛肉8.71 kg,占3.3%;A4级牛肉14.78 kg,占5.6%;A3级牛肉16.96 kg,占6.4%^[2-5]。和牛饲养周期长,投资大,寻求简便快速的早期和牛肉质等级指示标准显得十分重要。血液生化指标在早期的选种方面已取得了进展^[6-9]。Yamada等^[10]从代谢组学证实和牛的IMF含量、IMF细胞大小和成脂转录因子均高于荷斯坦牛,和牛血浆中较高水平的代谢物与三羧酸循环、脂质合成、脂肪酸代谢、糖尿病和葡萄糖稳态有关,荷斯坦牛血浆的较高水平代谢物与胆碱代谢、乙醇胺途径、谷胱甘肽稳态、核酸代谢和氨基酸代谢有关。以上结果揭示,和牛和荷斯坦牛IMF形成能力的品种差异与血浆中代谢物相关。故此,研究和牛血液生化指标与肉品质间的相关关系具有实用意义。

1 材料与方法

1.1 试验动物选择及试验设计

从黑龙江省某肉牛屠宰场屠宰车间选取60月龄左右的澳洲和牛45头,平均体重(372.3±40.2) kg,屠宰前采集血液对其血液生化指标、肉品质指标进行测定,并对肉质等级进行划分。

1.2 测定指标及方法

1.2.1 血液生化指标测定

选取促凝剂分离采血管(湖南三力实业有限公司),采用颈动脉采血法进行采血(5 mL/头),血液

在实验室静置2 h后,用05P-22离心机(3 000 r/min)离心15 min,收集血浆,恒温箱-20℃保存备用。使用日立7080型全自动生化分析仪测定血液生化指标。游离脂肪酸(NEFA)、脂肪酶(LPS)和血管紧张素转化酶(ACE)检测试剂盒由中生北控生物科技股份有限公司提供;碱性磷酸酶(ALP)、葡萄糖(GLU)、总胆固醇(T-CHO)和钙(Ca)检测试剂盒由沈阳万类生物科技有限公司提供;总蛋白(TP)、总胆红素(T-BIL)、总胆汁酸(TBA)、白蛋白(ALB)、丙氨酸氨基转移酶(ALT)、天门冬氨酸氨基转移酶(AST)、胆碱酯酶(CHE)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)、镁(Mg)、锌(Zn)、钾(K)、铁(Fe)、淀粉酶(AMS)、氯(Cl)检测试剂盒由南京建成生物工程研究所提供;尿素(UREA)、无机磷(P)检测试剂盒由上海酶联生物科技有限公司提供。

1.2.2 肉品质指标测定及肉质等级的划分

屠宰后采集12~13肋间背最长肌,用生理盐水洗掉血水用于肉品质测定,和牛肉品质等级数据由黑龙江省某和牛产业股份有限公司提供。和牛肉质等级评定标准见表1、表2^[10-11]。

表1 酮体率等级分级标准

等级	酮体率(X)
A	$X \geq 72$
B	$69 \leq X < 72$
C	$X < 69$

注:酮体率计算公式: $67.37 + 0.130 \times \text{胸长肌面积}(\text{cm}^2) + 0.667 \times \text{腹壁厚度}(\text{cm}) - 0.025 \times \text{冷半胴体重}(\text{kg}) - 0.896 \times \text{皮下脂肪厚度}(\text{cm})$ 。

表2 牛肉色泽、紧实度与纹理和脂肪色泽品质表

等级	肉色标准	肉色光泽	紧实度	纹理	脂肪颜色	脂肪光泽与质量
5	3~5	非常好	非常好	非常细腻	1~4	非常好
4	2~6	较好	较好	较细腻	1~5	较好
3	1~6	普通	普通	普通	1~6	普通
2	1~7	符合标准	符合标准	符合标准	1~7	符合标准
1	不符合1~7	以外情况	劣质	粗糙	不符合1~7	以外情况

注:肉色标准和脂肪颜色分为5个等级,由低到高分7个基准色。

1.3 数据统计与分析

运用SPSS 26.0,采用单因素方差法对不同肉质等级和牛血液生化指标进行差异分析,试验数据以“平均值±标准差”表示,多重比较分析不同肉质等级间的具体差异。将具有显著差异的血液生化指标作为评级指标,运用Excel表格,采用熵值法计算其权重,依据多重比较结果进行分组,分别计算各分组指

标评分以及综合评分。

熵值法(以权重的形式表示,权重越大重要性越强)具体步骤如下:

提取数据:提取n个等级的m个指标,以 x_{ij} ($i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m$)表示第i个等级的第j个数值。

标准化处理:样本各指标间有时存在量纲不同的

现象，需要对数据进行标准化处理。

正向指标：

$$x'_{ij} = \left[\frac{x_{ij} - \min(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj})}{\max(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj}) - \min(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj})} \right] \times 100,$$

负向指标：

$$x'_{ij} = \left[\frac{\max(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj}) - x_{ij}}{\max(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj}) - \min(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj})} \right] \times 100,$$

其中 x'_{ij} 为第 i 个等级的第 j 个指标的标准值。

计算熵值：

$$p_{ij} = \frac{x'_{ij}}{\sum_{i=1}^n x'_{ij}},$$

$$e_j = -k \sum_{i=1}^n p_{ij} \ln(p_{ij}),$$

其中 p_{ij} 为第 j 个指标下第 i 个等级占该指标的比重， e_j 为第 j 个指标的熵值；常数 k 与指标数 m 有关， $k = 1/\ln(n) > 0, 0 \leq e_j \leq 1$ 。

计算差异系数：

$$g_j = \frac{1 - e_j}{m - \sum_{j=1}^m e_j},$$

其中 g_j 为第 j 个指标的差异系数， g_j 值越大越重要， $0 \leq g_j \leq 1, \sum_{i=1}^m g_j = 1$ 。

计算权重：

$$w_j = \frac{g_j}{\sum_{j=1}^m g_j},$$

其中 w_j 为第 j 个指标的权重， $1 \leq j \leq m$ 。

计算综合得分：

$$s_i = \sum_{j=1}^n w_j * p_{ij},$$

其中 s_i 为第 i 个等级的综合得分。

2 结果与分析

2.1 不同肉质等级和牛血液生化指标的差异性分析

选取的 45 头和牛酮体率均大于 75%，达到了酮体率等级 A 级，肉质等级未达 5 分标准，4 分仅 13%，3 分为 37.8%，2 分高达 49%，不存在 1 分。不同肉质等级的和牛血浆 CHE、K 和 NEFA 含量存在差异，其中 CHE 在 A2、A3 等级极显著高于 A4 等级 ($P < 0.01$)；K 在 A4 等级极显著高于 A2 等级 ($P < 0.01$)，显著高于 A3 等级 ($P < 0.05$)；NEFA 在 A4 等级极显著高于 A2 和 A3 等级 ($P < 0.01$)。详情见表 3。

表 3 不同肉质等级和牛血液指标含量

血液生化指标	肉质等级		
	A2 (n=22)	A3 (n=17)	A4 (n=6)
TP/ (g · L ⁻¹)	66.18±8.55	63.71±9.35	61.67±10.63
T-BIL/ (μmol · L ⁻¹)	6.18±2.22	6.24±1.92	7.50±2.74
TBA/ (μmol · L ⁻¹)	7.84±5.97	10.05±6.17	13.67±8.69
ALB/ (g · L ⁻¹)	32.32±3.03	31.41±3.73	31.17±3.13
ALT/ (U · L ⁻¹)	31.05±9.30	32.18±6.83	26.17±1.94
AST/ (U · L ⁻¹)	116.73±54.48	119.5±58.16	103.50±16.67
ALP/ (U · L ⁻¹)	47.45±33.99	45.88±33.82	40.17±6.94
CHE/ (U · L ⁻¹)	90.91±27.68 ^{Aa}	90.59±23.59 ^{Aa}	58.00±9.82 ^{Bb}
HDL-C/ (mmol · L ⁻¹)	1.98±0.36	1.86±0.41	1.67±0.17
LDL-C/ (mmol · L ⁻¹)	0.75±0.27	0.69±0.22	0.60±0.30
GLU/ (mmol · L ⁻¹)	5.80±2.06	5.59±1.04	4.77±0.63
UREA/ (mmol · L ⁻¹)	7.33±7.04	5.82±1.14	5.38±0.40
T-CHO/ (mmol · L ⁻¹)	3.70±0.84	3.56±0.77	3.04±0.43
Mg/ (mmol · L ⁻¹)	0.99±0.18	0.94±0.06	1.00±0.13
Zn (μmol · L ⁻¹)	15.18±5.77	15.53±4.08	10.17±2.32
K/ (mmol · L ⁻¹)	4.82±0.44 ^{Bb}	4.91±0.43 ^{ABb}	5.42±0.29 ^{Aa}
Fe/ (μmol · L ⁻¹)	9.23±3.62	10.55±2.17	9.85±3.56

续表3

血液生化指标	肉质等级		
	A2 (n=22)	A3 (n=17)	A4 (n=6)
LPS/ (U · L ⁻¹)	67.99±5.53	70.47±4.24	66.07±6.66
AMS/ (U · L ⁻¹)	250.55±87.54	222.59±40.57	213.17±30.94
P/ (mmol · L ⁻¹)	2.02±0.41	1.99±0.36	1.68±0.27
Cl/ (mmol · L ⁻¹)	100.86±6.34	102.53±9.78	103.00±5.29
Ca/ (mmol · L ⁻¹)	1.87±0.21	1.80±0.23	1.70±0.22
ACE/ (U · L ⁻¹)	35.45±18.82	32.35±16.35	34.67±13.32
NEFA/ (mmol · L ⁻¹)	0.29±0.15 ^{Bb}	0.28±0.16 ^{Bb}	0.52±0.24 ^{Aa}

注：同行数据肩标大写字母不同表示差异极显著 ($P<0.01$)，小写字母不同表示差异显著 ($P<0.05$)。下同。

2.2 和牛肉质等级综合评价分析

基于方差分析结果，选取 CHE、K 和 NEFA 作为和牛肉质等级的评价指标，以 CHE 作为负向评价指标，以 K 和 NEFA 作为正向评价指标，对 A2、A3 肉质等级和 A4 肉质等级的和牛进行评价。如表 4 和表 5 所示，CHE、K 和 NEFA 评价指标权重分别为 0.170、0.472 和 0.358，且 A4 肉质等级和牛的 CHE、K 和 NEFA 指标评分及综合评分均极显著高于 A2、A3 肉质等级 ($P<0.01$)。

表 4 和牛肉质等级综合评价指标的权重

血液生化指标	熵值	差异系数	权重
CHE	0.960	0.040	0.170
K	0.888	0.112	0.472
NEFA	0.940	0.060	0.358

表 5 和牛肉质等级综合评价得分

血液生化指标	肉质等级	
	A2、A3 (n=39)	A4 (n=6)
CHE	0.095±0.039 ^B	0.146±0.015 ^A
K	0.146±0.113 ^B	0.293±0.077 ^A
NEFA	0.119±0.071 ^B	0.227±0.111 ^A
综合评分	0.360±0.163 ^B	0.665±0.110 ^A

3 讨论

血液生化指标是反映家畜营养代谢和生理健康的重要指标，与家畜的生长性能密切相关^[12]。本试验结果表明，不同肉质等级的和牛 CHE 与肉质等级呈负相关，K 和 NEFA 与肉质等级呈正相关，且 A4 肉质等级和牛的 CHE、K 和 NEFA 指标评分及综合评分均极显著高于 A2、A3，其原因可能是与动物机体脂质代谢相关。

CHE 是一类经肝合成的糖蛋白，也是参与脂质

代谢的水解酶，参与甘油三酯 (TG) 和磷脂的水解^[13]。张军等^[14]研究指出 TG 和磷脂与腹脂质量及腹脂率相关。本研究中 CHE 的水平与和牛肉质等级呈负相关，这可能与促进机体内脂肪合成相关，且有利于改善牛肉的风味与口感。血液中 NEFA 的浓度与脂类代谢、糖代谢、内分泌功能相关。血液中的 NEFA 通过饲料及内源脂肪分解而来，NEFA 浓度升高意味着机体内源脂肪的丰富，脂肪代谢能力高。张艳玲等^[6]研究指出，随着月龄的增加，NEFA 浓度升高，机体对脂肪的代谢能力增加，高 IMF 含量可以提高牛肉质地的多汁性，从而提高和牛肉质等级。Iida 等^[15]研究指出粗脂肪含量的增加 (23.8% ~ 48.6%) 会增加牛肉的嫩度、多汁度和脂肪含量。同样 Okumura 等^[16]研究指出含 25.8% IMF 的日本黑种和牛胸部最长肌比含 23.2% IMF 的胸部最长肌更多汁。

K 离子是维持动物机体细胞生理活动的重要离子，主要作用是维持机体渗透压和酸碱平衡，参与糖和蛋白质代谢等。血液中的离子主要有构成晶体渗透压、维持细胞兴奋、调节酸碱平衡、维持微生物菌群繁殖等作用。在健康状态下血液中的离子通常都是稳定的。本研究中的 K 离子浓度在不同肉质等级间呈现了显著差异，可能是由于和牛采用的多位全舍饲养，添加了较高的精饲料所导致。Smith 等^[17]研究指出 IMF 含量因时间、饮食类型而异，粮食喂养和牧草喂养的和牛 IMF 随着时间的推移而增加，且粮食喂养的增长速度更快。Yamada 等^[18]研究指出在整个育肥期间，以高精料喂养的和牛皮下和肌肉脂肪细胞中脂肪生成转录因子的表达更高。

4 结论

不同肉质等级的和牛 CHE、K 和 NEFA 含量存在显著差异，在一定程度上反映了和牛的肉品质，为和牛肉质的早期预测和品种改良提供了参考资料。

参考文献:

- [1] 韩晨雪, 刘锐, 陈珏颖. 城镇化对畜产品消费的增长效应和结构效应分析 [J]. 石河子大学学报 (哲学社会科学版), 2020, 34 (4): 44-51.
- [2] MOTOYAMA M, SASAKI K, WATANABE A. Wagyu beef and the factors contributing to its beef quality: a Japanese industry overview [J]. *Meat Sci*, 2016, 120: 10-18.
- [3] 朱贵, 韩永胜, 朱志琼, 等. 国内和牛雪花牛肉产业现状及前景分析 [J]. 现代畜牧科技, 2022 (5): 12-16.
- [4] 朱贵, 王佳, 朱志琼, 等. 和牛改良和饲养管理技术的推广应用 [J]. 现代畜牧科技, 2022 (3): 57-59.
- [5] 刘镜, 何光中, 徐龙鑫, 等. 雪花牛肉生产技术研究进展 [J]. 贵州畜牧兽医, 2016, 40 (1): 29-32.
- [6] 张艳玲, 张力莉. 不同生长阶段和不同精粗比对滩羊血液生化指标的影响 [J]. 中国饲料, 2022 (19): 43-48.
- [7] 武伟成, 钟港, 陈东, 等. 金针菇菌糠替代酒糟对育肥牛生长性能、血液常规和血液生化指标的影响 [J]. 中国饲料, 2023 (1): 142-147.
- [8] 杨永慧, 焦婷, 杨发荣, 等. 青贮藜麦对小尾寒羊生长性能、屠宰性能及血液生理指标的影响 [J]. 中国饲料, 2022 (21): 133-139.
- [9] 陆可, 张焱鹏, 梁旭方, 等. 不同养殖密度对翘嘴鳊生长、血液生化和抗氧化能力指标的影响 [J]. 水生生物学报, 2023, 47 (3): 473-478.
- [10] YAMADA T, KAMIYA M, HIGUCHI M. Metabolomic analysis of plasma and intramuscular adipose tissue between Wagyu and Holstein cattle [J]. *J Vet Med Sci*, 2022, 84: 186-192.
- [11] 朱贵. 雪花牛肉产业化生产技术 [M]. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 2022: 177-179.
- [12] 潘军, 曹玉凤, 吕超, 等. 菌糠对肉牛生长性能和血液生理生化指标的影响 [J]. 西北农林科技大学学报 (自然科学版), 2011, 39 (1): 21-28.
- [13] 蔡秀媛. 非酒精性脂肪性肝病患者血液胆碱酯酶与各中医证型分布差异研究 [D]. 福州: 福建中医药大学, 2021.
- [14] 张军, 龚道清, 沈立权, 等. 肉鸭血浆脂类浓度与体脂含量关系的研究 [J]. 扬州大学学报, 2003 (4): 23-26.
- [15] HIDA F, SAITOU K, KAWAMURA T, et al. Effect of fat content on sensory characteristics of marbled beef from Japanese Black steers [J]. *Anim Sci J*, 86, 707-715.
- [16] OKUMURA T, SAITO K, NADE T, et al. Effects of intramuscular fat on the sensory characteristics of *M. longissimus dorsi* in Japanese Black steers as judged by a trained analytical panel [J]. *Asian Austral J Anim*, 2007, 20: 577-581.
- [17] SMITH S B, LUNT D K, CHUNG K Y, et al. Adiposity, fatty acid composition, and Δ^9 -desaturase activity during growth in beef cattle [J]. *Anim Sci J*, 2006, 77: 478-486.
- [18] YAMADA T, NAKANISHI N. Effects of the roughage/concentrate ratio on the expression of angiogenic growth factors in adipose tissue of fattening Wagyu beef steers [J]. *Meat Sci*, 2012, 90: 807-813.