



读书报告

朱振祥
2017.3.19

题目



ELSEVIER

Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Fish & Shellfish Immunology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/fsi

Full length article

Optimal dietary protein level improved growth, disease resistance, intestinal immune and physical barrier function of young grass carp (*Ctenopharyngodon idella*)



目录



研究背景

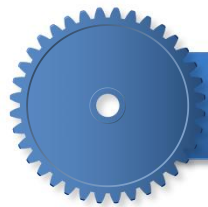
研究方法

实验结果

结论分析



目录



研究背景



研究背景

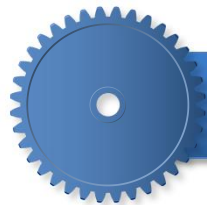
1. 为了防止微生物，病原体和其他有毒物质的侵入，鱼类已经进化出了肠道免疫屏障和物理屏障。

2. 研究表明肠道免疫功能受损障碍和物理障碍可以降低草鱼的生长性能。

3. 在人类研究中发现膳食中合适的蛋白质含量，有益于增强肠道免疫屏障和物理屏障的作用。

4. 实验假设最适膳食蛋白水平可能通过增加肠免疫和物理屏障功能来提高幼龄草鱼肠道健康状况。分别检测膳食蛋白质对抗炎分子，细胞因子，细胞紧密连接蛋白，与凋亡和抗氧化剂有关基因表达水平，以及后续的攻毒试验，以便为配制草鱼商业饲料提供参考。

目录



研究方法



研究方法

1. 饲料蛋白含量（根据 Garling 等人的方法配制）

Ingredients	Dietary protein levels (dietary digestible protein levels) (g kg ⁻¹)					
	169.2 (143.1)	204.7 (176.7)	244.3 (217.2)	283.2 (257.5)	323.2 (292.2)	366.3 (322.8)
Fish meal	50.1	62.2	74.3	86.5	98.6	110.8
Casein	133.5	165.9	198.2	230.7	263.0	295.5
Gelatin	25.0	31.1	37.2	43.3	49.3	55.4
α -starch	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0
Corn starch	402.6	352.1	301.8	251.2	201.0	150.5
Fish oil	7.9	7.1	6.3	5.5	4.7	3.9
Soybean oil	19.2	19.2	19.2	19.2	19.2	19.2
Microcrystalline cellulose	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
Ca(H ₂ PO ₄) ₂	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0
DL-Met (98%)	1.7	2.1	2.4	2.7	3.1	3.3
L-Arg (99%)	1.5	1.8	2.1	2.4	2.6	2.9
Vitamin premix ^a	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Mineral premix ^b	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Choline chloride (60%)	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Ethoxyquin (30%)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Nutrient contents						
Moisture ^c	137.0	139.7	142.5	143.5	138.7	131.8
Crude protein ^c	169.2	204.7	244.3	283.2	323.2	366.3
Digestible protein ^c	143.1	176.7	217.2	257.5	292.2	322.8
Crude lipid ^c	33.1	32.5	32.2	32.2	33.0	33.1
n-3 ^d	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
n-6 ^d	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0

研究方法

2.生长实验

实验鱼分为6组，每组3个重复，每个养殖单元30条鱼，共540条鱼（平均体重 $264.11 \pm 0.76\text{g}$ ）每天喂食4次，持续8周。每次进料30分钟后，收集未进料的饲料，干燥称重并计算采食量。

生长试验后，称重计数。麻醉后处死，迅速取出鱼的肌肉和肝脏并冷冻在液氮中，储存在 -80°C 冰箱中备用，用于谷氨酸草酰乙酸转氨酶（GOT）和谷氨酸-丙酮酸转氨酶（GPT）的测定。

研究方法

3.消化性试验

饱食投喂5天之后。在第6天喂食6小时后进行粪便收集。收集时在轻轻按摩鱼腹，进行挤压，在肛门附近收集粪便样品，然后储存-20℃环境中。



研究方法

4.攻毒实验

在生长试验后，从每个处理组取 15 条鱼，移入6个新的养殖单元，喂食5天后，每条鱼均腹腔注射 2.5×10^8 cfu/ml的嗜水气单胞菌 1.0ml。实验进行14天，喂食时间和投喂次数与生长实验相同。试验结束后记录鱼的死亡率并参考文献设计评分系统以评价其肠道炎症程度，迅速取出肠道并分为前肠（PI），中肠（MI）和后肠（DI），-80°C保存备用。

研究方法

5.生化分析

(1)肌肉和肝脏的GOT和GPT

(2)肠道LA， ACP活性和C3、 C4和Ig M含量

(3)活性氧的含量， 丙二醛， 蛋白质羰基和谷胱甘肽

(4)SOD和CUZnSOD、 MnSOD活性，

(5)过氧化氢酶， 谷胱甘肽过氧化物酶活性

(6)谷胱甘肽-S-转移酶和谷胱甘肽还原酶活性



研究方法

6. 实时荧光定量PCR

(1) 使用 RNAiso Plus 试剂盒从 PI, MI 和 DI 提取总 RNA (TaKaRa)

(2) RNA 质量使用琼脂糖凝胶电泳和分光光度分析。

Real-time PCR primer sequences ².

Target gene	Primer sequence forward (5'→3')	Primer sequence reverse (5'→3')	Temperature (°C)	Accession num
Hepcidin	AGCAGGAGCAGGATGAGC	GCCAGGGGATTGTGTTT	59.3	JQ246442.1
LEAP-2A	TGCTACTGCCAGAACCA	AATCGGTGGCTGTAGGA	59.3	FJ390414
LEAP-2B	TGTGCCATTAGCGACTTCTGAG	ATGATTCCGCCACAAAGGGG	59.3	KT625603
β-defensin	TTGCTTGCCCTTGCCCTCT	AATCCCTTGCCACAGCTAA	58.4	KT445868
IFN-γ2	TGTTTGATGACTTTGGGATG	TCAGGACCCCGAGGAAGAC	60.4	JX657682
TNF-α	CGCTGCTGTCTGCTTAC	CCTGGTCTCTGGTTCAC	58.4	HQ696609
IL-1β	AGAGTTTGGTGAAGAAGAGG	TTAITGTGGTACGCTGGA	57.1	JQ692172
IL-6	CAGCAGAATGGGGGAGTTATC	CTCGCAGAGTCTTGACATCCTT	62.3	KC535507.1
IL-8	ATGAGTCTTAGAGGTCGGGT	ACAGTGAGGGCTAGGAGGG	60.3	JN663841
IL-10	AATCCCTTGATTTTGCC	GTGCCTTATCTACAGTATGTG	61.4	HQ388294
IL-11	GGTTCAGTCTCTCCAGCGAT	TGCGTGTTATTTTGTTCCAGCA	57.0	KT445870
IL-12p35	TGGAAAAGGAGGGGAAGATG	AGACGGACGCTGTGTGAGTGA	55.4	KF944667.1
IL-12p40	ACAAAGATGAAAACTGGAGGC	GTGTGTGGTTTAGGTAGGAGCC	59.0	KF944668.1
IL-15	CCTTCCAACAATCTCCGCTTC	AACACATCTCCAGTTCCTT	61.4	KT445872
IL-17D	GTGTCCAGGAGAGCACCAG	GCGAGAGGCTGAGGAAGTT	62.3	KF245426.1
IL-4/13A	CTACTGTCTCGTTTCGCTGT	CCCAGTTTTTCAGTTCTCTCAGG	55.9	KT445871
IL-4/13B	TGTGAACCAGCCCTACATAAAC	TTCAGGACCTTTGCTGCTTG	55.9	KT625600
TGF-β1	TTGGGACTTGTGCTCTAT	AGTTCTGCTGGGATGTTT	55.9	EU099588
TGF-β2	TACATTGACAGCAAGGTGGTG	TCTTGTGGGGATGATGTAGTT	55.9	KM279716
NF-κB P52	TCAGTGAACGACAACGGGAT	ATACTTCAGCCACACTCTCTTAG	58.4	KM279720
NF-κB P65	GAAGAAGGATGTGGGAGATG	TGTTGCTGATAGTGGGCTGAG	62.3	KJ526214
c-Rel	GCGTCTATGCTTCCAGATTACC	ACTGCCACTGTTCTGTTCCAC	59.3	KT445865
IκBα	TCTTGCCATTATTCACGAGG	TGTTACCACAGTCATCCACCA	62.3	KJ125069
IKKα	GGCTACGCCAAAGACCTG	CGGACCTCGCCATTCTATA	60.3	KM279718
IKKβ	GTGGCGGTGGATTATTGG	GCACGGGTGGCAGTTTG	60.3	KP125491
IKKγ	AGAGGCTCGTCATAGTGG	CTGTGATTGGCTTGCTTT	58.4	KM079079
TOR	TCCCATTTCACCAACT	ACACCTCCACTTCTTCCA	61.4	JX854449
S6K1	TGGAGGAGTAATGGACG	ACATAAAGCAGCTTGAGC	54.0	EF373673
4E-BP1	GCTGGCTGAGTTTGTGGTTG	CGAGTCGTGCTAAAAAGGGTC	60.3	KT757305
4E-BP2	CAC TTATTTCTCCACCACCCC	TTCATTGAGGATGTCTTGCC	60.3	KT757306
occludin	TATCTGTATCACTACTGCGTGC	CATTACCCAATCTCTCCA	59.4	KF193855
ZO-1	GCGTGTCTCGTAGTCCG	CAGTTGGTTTGGGTTTCAG	59.4	KJ000055
ZO-2	TACAGCGGACTCTAAAATGG	TCACACGGTCTCTCAAAG	60.3	KM112095
claudin b	GAGGGAATCTGGATGAGC	ATGGCAATGATGGTGAGA	57.0	KF193860
claudin c	GAGGGAATCTGGATGAGC	CTGTTATGAAAGCGGGAC	59.4	KF193859
claudin f	GCTGGAGTGTCCCTGCTTATTC	ACCAATCTCCCTCTTTGTGTC	57.1	KM112097
claudin 3	ATCACTCGGGACTTCTA	CAGCAAAACCAATGTAG	57.0	KF193858
claudin 7a	ACTTACCAGGACTGTGGATGT	CACTATCATCAAAGCAGGGT	59.3	KT625604
claudin 7b	CTAACTGTGGTGGTATGAC	AACAATGTACAAAGGGCTG	59.3	KT445866
claudin 11	TCTCAACTGCTCTGTATCACTGC	TTTCTGGTCACTTCCGAGG	62.3	KT445867
claudin 12	CCCTGAAGTGCCACAA	GCGTATGTCACGGGAGAA	55.4	KF998571
claudin 15a	TGCTTTATTTCTTGGCTTTC	CTCGTACAGGGTGTGAGGTG	59.0	KF193857
claudin 15b	AGTGTTCTAAGATAGGAGGGGAG	AGCCCTTCTCCGATTTCTAT	62.3	KT757304

研究方法

6. 实时荧光定量PCR

(3) 使用 RNA 将 RNA 逆转录为 cDNA

PrimeScript™ RT 试剂盒

(TaKaRa)

(4) b-肌动蛋白用作参考

基因来标准化 cDNA 负

载

claudin 15b	AGTGTCTAAGATAGGAGGGGAG	AGCCCTCTCCGATTTCAT	62.3	KT57304
MLCK	GAAGGTCAGGGCATCTCA	GGGTCGGGCTATCTACT	53.0	KM279719
FasL	AGGAAATGCCCGCACAAATG	AACCGCTTTCATTGACCTGGAG	61.4	KT445873
p38 MAPK	TGGGAGCAGACCTCAACAAT	TACCATCGGGTGGCAACATA	60.4	KM112098
JNK	ACAGCGTAGATGTGGGTGATT	GCTCAAGGTTGTGGTCATACG	62.3	KT757312
Bcl-2	AGGAAATGGAGGTTGGGAT	CTGAGCAAAAAGGCGATG	60.3	JQ713862.1
Mcl-1	TGGAAAGTCTCGTGGTAAAGCA	ATCGCTGAAGATTTCTGTTGCC	58.4	KT757307
Bax	CATCTATGAGCGGGTTCGTC	TTTATGGCTGGGGTCACACA	60.3	JQ793788.1
Apaf-1	AAGTTCTGGAGCCTGGACAC	AACTCAAGACCCACAGCAC	61.4	KM279717
IAP	CACAATCCTGGTATGCGTCG	GGGTAATGCCTCTGGTGCTC	58.4	FJ593503.1
caspase 2	CGCTGTTGTGTTTACTGTCTCA	ACGCCATTATCCATCTCCTCTC	60.3	KT757313
caspase 3	GCTGTGCTCAITTTGTTTG	TCTGAGATGTTATGGCTGTC	55.9	JQ793789
caspase 7	GCCATTACAGGATTGTTTCACC	CCTTATCTGTGCCATTGCGT	57.1	KT625601
caspase 8	ATCTGGTTGAAATCCGTGAA	TCCATCTGATGCCCATACAC	59.0	KM016991
caspase 9	CTGTGGCGGAGGTGAGAA	GTGCTGGAGGACATGGGAAT	59.0	JQ793787
CuZnSOD	CGCACTCAACCCCTTACA	ACTTTCCTCATTGCCTCC	61.5	GU901214
MnSOD	ACGACCCAAGTCCCTCA	ACCTGTGGTTCTCCTCC	60.4	GU218534
CAT	GAAGTTCTACACCGATGAGG	CCAGAAATCCCAAACCAT	58.7	FJ560431
GPx1a	GGGCTGGTTATTCTGGGC	AGGCGATGTCATTCTGTTC	61.5	EU828796
GPx1b	TTTTGTCTTGAAGTATGTCGGTC	GGGTCGTTTCATAAAGGGCATT	60.3	KT757315
GPx4a	TACGCTGAGAGAGGTTTACACAT	CTTTTCCATTGGGTTGTCC	60.4	KU255598
GPx4b	CTGGAGAAATACAGGGGTACG	CTCCTGCTTTCCGAACTGGT	60.3	KU255599
GSTR	TCTCAAGGAACCCGCTG	CCAAGTATCCGTCCACA	58.4	EU107283
GSTP	TGCCCTGGAAGATTATGCTGG	GCTGGCTTTTATTTACCCCT	59.3	KP125490
GSTO	GGTGCTCAATGCCAAGGGAA	CTCAAACGGGTCCGGATGGAA	58.4	KT757314
GR	GTGTCCAACTTCTCCTGTG	ACTCTGGGTCCTCAAAGC	59.4	JX854448
Nrf2	CTGGACGAGGAGACTGGA	ATCTGTGGTAGGTGGAA	62.5	KF733814
Keap1a	TTCCACGCCCTCTCAA	TGTACCCCTCCCGTATG	63.0	KF811013
Keap1b	TCTGCTGTATGCGGTGGGC	CTCCTCCATTTCATCTTCTCG	57.9	KJ729125
β-actin	GGCTGTGCTGCCTGTA	GGGCATAACCCCTCGTAGAT	61.4	M25013

研究方法

7. 统计分析

- 重量增加百分比 = $(\text{最终重量} - \text{初始重量}) / \text{初始重量} \times 100\%$
- 饲料效率 = $(\text{最终重量} - \text{初始重量}) / \text{投喂量} \times 100\%$
- 特定增长率 = $[\ln(\text{平均最终重量}) - \ln(\text{平均初始重量})] / \text{喂食天数}$
- 存活率 = $(\text{最终草鱼数量} / \text{初始草鱼数量}) \times 100\%$
- 蛋白质消化率 = $[1 - (\text{饲料中Cr}_2\text{O}_3\text{含量} \times \text{粪便中蛋白质含量} / (\text{粪便中Cr}_2\text{O}_3\text{含量} \times \text{饲料中蛋白质含量}))]$

目录



实验结果



实验结果

1. 生长性能和 GOT 和 GPT 的活性

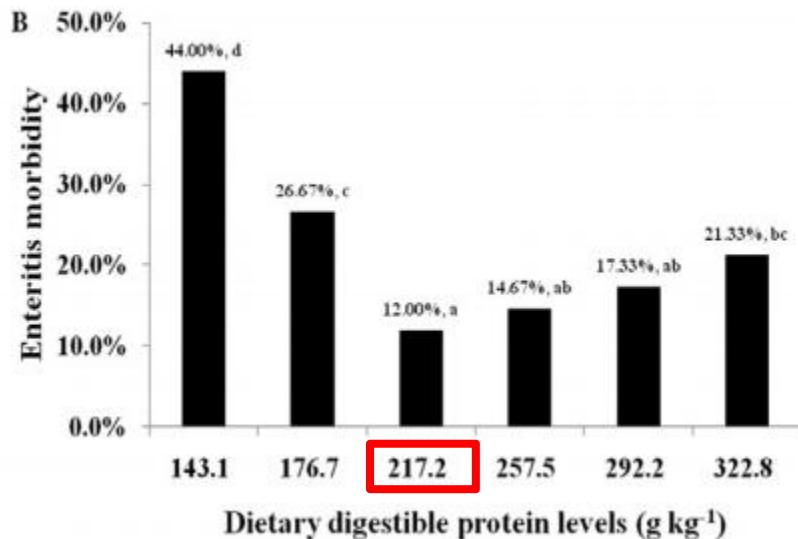
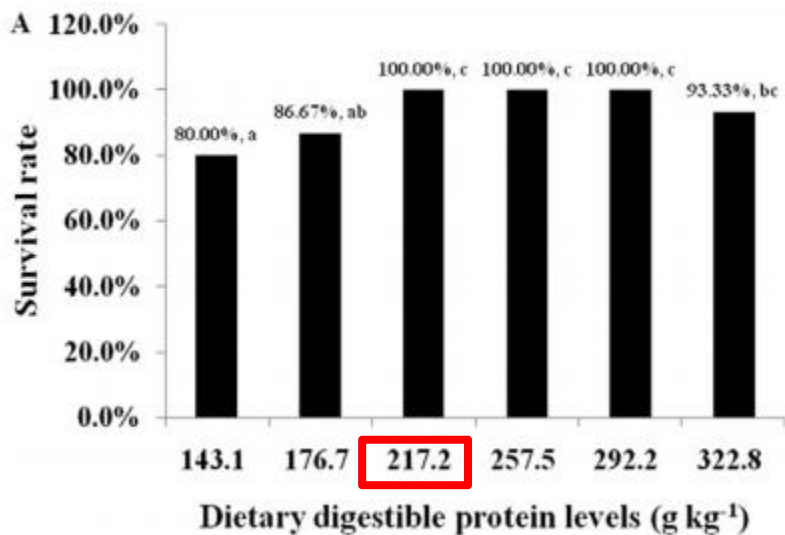
	Dietary protein levels (dietary digestible protein levels) (g kg ⁻¹)					
	169.2 (143.1)	204.7 (176.7)	244.3 (217.2)	283.2 (257.5)	323.2 (292.2)	366.3 (322.8)
IBW ¹	264.67 ± 1.53 ^a	264.22 ± 0.69 ^a	264.00 ± 0.33 ^a	263.67 ± 0.88 ^a	263.78 ± 0.19 ^a	264.33 ± 0.33
FBW ¹	516.67 ± 13.20 ^a	606.33 ± 9.50 ^b	787.33 ± 26.27 ^c	759.00 ± 3.61 ^c	695.33 ± 21.22 ^d	659.33 ± 12.5
PWG ¹	95.21 ± 4.53 ^a	129.47 ± 3.17 ^b	198.22 ± 9.59 ^e	187.87 ± 1.71 ^e	163.61 ± 8.10 ^d	149.43 ± 4.58
FI ¹	422.78 ± 39.76 ^a	513.69 ± 2.64 ^b	695.39 ± 1.53 ^d	667.49 ± 11.00 ^d	609.16 ± 11.20 ^c	590.79 ± 1.51
FE ¹	0.60 ± 0.03 ^a	0.67 ± 0.01 ^b	0.75 ± 0.04 ^c	0.74 ± 0.02 ^c	0.71 ± 0.03 ^{bc}	0.67 ± 0.02 ^b
SGR ¹	1.19 ± 0.04 ^a	1.48 ± 0.02 ^b	1.95 ± 0.06 ^e	1.89 ± 0.01 ^e	1.73 ± 0.05 ^d	1.63 ± 0.03 ^c
GOT²						
Muscle	2952.00 ± 279.73 ^a	3560.87 ± 147.35 ^b	4162.70 ± 393.44 ^c	4733.73 ± 420.92 ^d	5133.09 ± 431.85 ^d	5627.80 ± 41
Liver	5839.49 ± 507.38 ^a	6276.52 ± 488.13 ^{ab}	6965.88 ± 615.24 ^b	7739.44 ± 737.44 ^c	8321.44 ± 584.75 ^c	9427.34 ± 87
GPT²						
Muscle	914.79 ± 63.70 ^a	1038.68 ± 93.98 ^b	1184.13 ± 89.30 ^c	1231.44 ± 67.39 ^{cd}	1310.41 ± 82.57 ^{de}	1412.09 ± 13
Liver	1239.76 ± 104.22 ^a	1368.44 ± 114.58 ^b	1445.02 ± 58.03 ^{bc}	1554.47 ± 140.11 ^{cd}	1665.89 ± 88.30 ^d	1795.14 ± 74

FBW, PWG, FI, FE 和 SGR 均随着膳食蛋白的增加而显著增加并在蛋白水平217.2g/ kg (P <0.05)达到最高, 之后逐渐减少。

GOT和 GPT 的活动幼鲤的肌肉和肝脏都逐渐增加随着膳食蛋白水平的增加。

实验结果

1. 生长性能和 GOT 和 GPT 的活性



感染嗜水气单胞菌之后存活率随着饲料中蛋白水平的增加而增加并在217.2g/kg 达到最高，然后平稳（ $P > 0.05$ ）。

用嗜水性嗜酸杆菌感染后的肠炎的发病率随着饲料中蛋白质水平增加而降低并在217.2g/kg 达到最低（ $P < 0.05$ ），然后逐渐增加。

实验结果

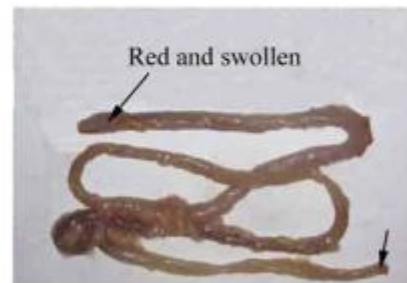
1. 生长性能和 GOT 和 GPT 的活性



Optimal dietary protein level



Low level of protein



High level of protein

与高、低水平的蛋白质含量相比，最适饲料蛋白水平明显减轻由亲水性嗜酸杆菌引起的肠炎症状。

实验结果

2. 肠道免疫参数

Dietary protein levels (dietary digestible protein levels) (g kg⁻¹)

169.2 (143.1) 204.7 (176.7) 244.3 (217.2) 283.2 (257.5) 323.2 (292.2) 366.3 (322.8)

LA

PI	95.38 ± 10.32 ^a	174.07 ± 10.99 ^c	236.28 ± 12.78 ^d	234.86 ± 15.22 ^d	155.88 ± 8.65 ^b	88.15 ± 5.93 ^a
MI	98.46 ± 9.34 ^a	189.48 ± 17.47 ^b	246.96 ± 18.07 ^d	250.25 ± 17.90 ^d	286.53 ± 10.99 ^e	217.24 ± 16.0
DI	125.13 ± 10.51 ^b	231.67 ± 18.15 ^d	288.17 ± 19.37 ^e	229.15 ± 6.96 ^d	196.92 ± 8.53 ^c	105.97 ± 9.99

ACP

PI	281.34 ± 6.25 ^a	319.53 ± 7.48 ^b	353.14 ± 4.06 ^c	401.44 ± 6.41 ^e	384.69 ± 6.56 ^d	325.81 ± 17.6
MI	256.97 ± 5.57 ^a	272.77 ± 6.19 ^b	325.82 ± 3.74 ^d	369.82 ± 2.91 ^f	364.21 ± 3.23 ^e	286.14 ± 3.63
DI	296.52 ± 20.72 ^b	305.68 ± 18.94 ^b	336.72 ± 18.10 ^c	333.61 ± 7.24 ^c	330.10 ± 21.71 ^c	226.97 ± 14.4

C3

PI	12.44 ± 1.08 ^a	13.50 ± 0.92 ^{ab}	15.71 ± 1.02 ^{cd}	18.41 ± 1.33 ^e	16.88 ± 1.35 ^d	14.58 ± 1.19 ^b
MI	12.37 ± 1.05 ^a	14.16 ± 1.31 ^b	16.40 ± 0.46 ^d	15.67 ± 0.45 ^{cd}	14.82 ± 1.31 ^{bc}	12.65 ± 0.98 ^a
DI	13.39 ± 1.23 ^a	14.87 ± 0.99 ^a	17.29 ± 1.58 ^b	17.15 ± 2.27 ^b	14.76 ± 1.05 ^a	13.83 ± 1.12 ^a

C4

PI	1.25 ± 0.12 ^{ab}	1.34 ± 0.05 ^{bc}	1.43 ± 0.12 ^c	1.34 ± 0.06 ^{bc}	1.20 ± 0.07 ^a	1.18 ± 0.05 ^a
MI	1.38 ± 0.05 ^a	1.51 ± 0.03 ^b	1.65 ± 0.08 ^c	1.73 ± 0.10 ^{cd}	1.74 ± 0.06 ^d	1.69 ± 0.06 ^{cd}
DI	1.62 ± 0.14 ^b	1.66 ± 0.07 ^{bc}	1.78 ± 0.16 ^{cd}	1.90 ± 0.12 ^d	1.75 ± 0.04 ^{bc}	1.40 ± 0.13 ^a

IgM

PI	76.02 ± 2.68 ^a	84.15 ± 2.86 ^b	97.59 ± 1.75 ^d	95.15 ± 3.81 ^d	90.29 ± 1.06 ^c	90.59 ± 2.50 ^c
MI	93.92 ± 2.84 ^a	108.18 ± 8.41 ^b	117.90 ± 7.55 ^c	112.28 ± 3.22 ^{bc}	111.73 ± 5.42 ^{bc}	112.11 ± 6.19
DI	101.97 ± 6.49 ^a	113.13 ± 5.36 ^{bc}	123.77 ± 2.31 ^d	119.06 ± 3.28 ^{cd}	112.10 ± 8.77 ^{bc}	110.05 ± 9.45

实验结果

3. 肠内抗氧化相关参数

Dietary protein levels (dietary digestible protein levels) (g kg⁻¹)

	169.2 (143.1)	204.7 (176.7)	244.3 (217.2)	283.2 (257.5)	323.2 (292.2)	366.3 (322.8)
ROS						
PI	100.00 ± 9.37 ^e	64.35 ± 3.38 ^c	53.17 ± 3.56 ^b	47.21 ± 4.12 ^a	56.72 ± 3.94 ^b	79.87 ± 2.27 ^d
MI	100.00 ± 9.64 ^e	41.22 ± 3.82 ^b	32.76 ± 1.72 ^a	46.67 ± 3.41 ^b	59.75 ± 1.95 ^c	70.94 ± 3.19 ^d
DI	99.99 ± 9.61 ^c	55.35 ± 4.12 ^b	46.68 ± 3.26 ^a	41.49 ± 2.68 ^a	55.71 ± 4.36 ^b	56.22 ± 5.57 ^b
MDA						
PI	4.23 ± 0.40 ^d	2.45 ± 0.20 ^b	2.37 ± 0.16 ^b	1.98 ± 0.15 ^a	2.88 ± 0.20 ^c	2.98 ± 0.15 ^c
MI	3.66 ± 0.19 ^f	3.27 ± 0.04 ^e	2.84 ± 0.19 ^c	2.28 ± 0.16 ^a	2.65 ± 0.12 ^b	3.07 ± 0.11 ^d
DI	4.37 ± 0.41 ^c	3.57 ± 0.20 ^b	2.59 ± 0.19 ^a	2.34 ± 0.14 ^a	2.57 ± 0.22 ^a	2.54 ± 0.15 ^a
PC						
PI	5.62 ± 0.08 ^b	4.71 ± 0.15 ^a	4.32 ± 0.11 ^a	5.90 ± 0.58 ^b	6.73 ± 0.35 ^c	7.79 ± 0.57 ^d
MI	6.63 ± 0.09 ^c	6.19 ± 0.11 ^b	6.09 ± 0.11 ^b	5.94 ± 0.11 ^a	6.18 ± 0.09 ^b	6.58 ± 0.12 ^c
DI	7.16 ± 0.33 ^c	5.79 ± 0.37 ^b	5.50 ± 0.21 ^b	3.68 ± 0.31 ^a	5.61 ± 0.22 ^b	7.72 ± 0.34 ^d
CuZnSOD						
PI	6.79 ± 0.57 ^{ab}	7.17 ± 0.53 ^{bc}	7.95 ± 0.43 ^d	9.97 ± 0.42 ^e	7.55 ± 0.43 ^{cd}	6.56 ± 0.20 ^a
MI	5.97 ± 0.59 ^a	6.86 ± 0.63 ^b	8.33 ± 0.40 ^c	9.05 ± 0.83 ^d	8.44 ± 0.18 ^{cd}	8.14 ± 0.61 ^c
DI	5.56 ± 0.50 ^a	7.60 ± 0.25 ^b	8.45 ± 0.28 ^c	8.61 ± 0.62 ^c	8.52 ± 0.52 ^c	5.34 ± 0.43 ^a
MnSOD						
PI	5.66 ± 0.56 ^{bc}	5.76 ± 0.53 ^c	6.05 ± 0.38 ^c	5.93 ± 0.22 ^c	5.19 ± 0.46 ^b	4.08 ± 0.33 ^a
MI	4.95 ± 0.46 ^b	6.59 ± 0.56 ^d	8.83 ± 0.36 ^e	5.98 ± 0.54 ^c	3.74 ± 0.19 ^a	3.61 ± 0.32 ^a
DI	4.52 ± 0.36 ^a	5.02 ± 0.46 ^{ab}	6.78 ± 0.59 ^c	7.54 ± 0.60 ^d	7.39 ± 0.57 ^d	5.15 ± 0.36 ^b

实验结果

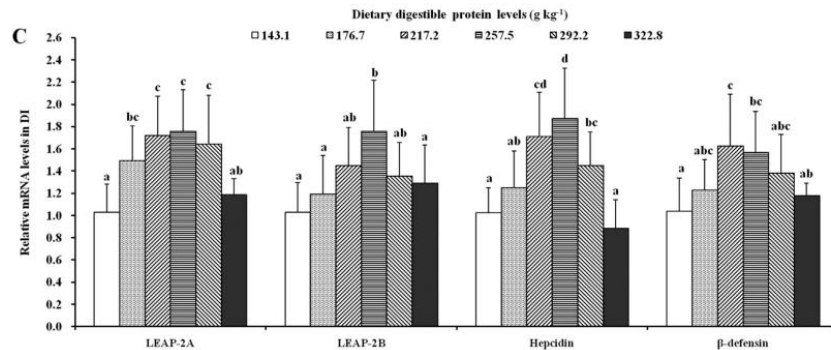
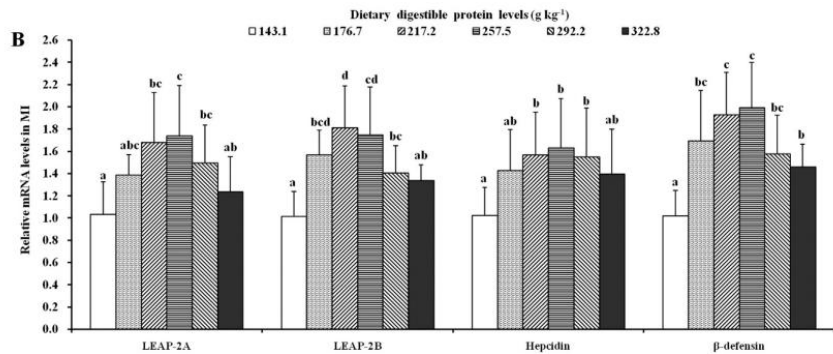
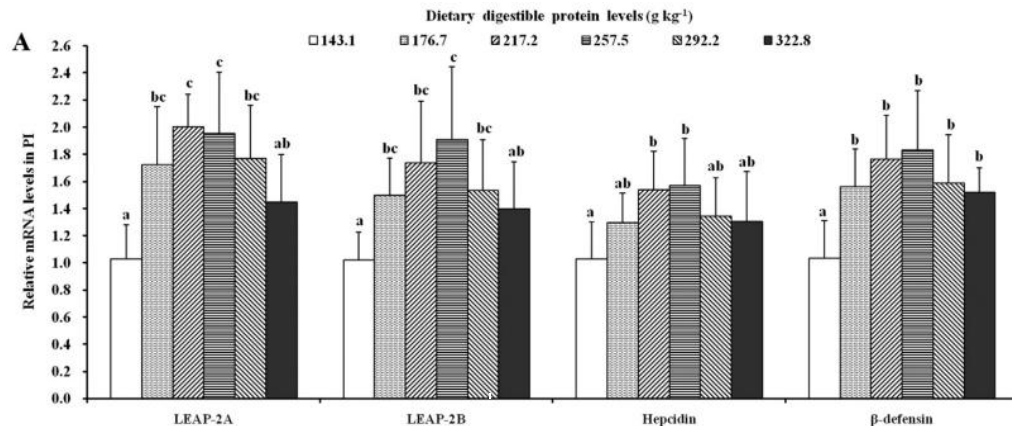
3. 肠内抗氧化相关参数

CAT	2.02 ± 0.08^a	2.03 ± 0.16^{ab}	2.04 ± 0.07^{ab}	2.12 ± 0.13^{ab}	2.14 ± 0.19^{ab}	2.19 ± 0.06^b
PI	2.31 ± 0.09^a	2.32 ± 0.08^a	2.23 ± 0.12^a	2.21 ± 0.15^a	2.25 ± 0.08^a	2.26 ± 0.13^a
MI	2.20 ± 0.22^a	2.19 ± 0.12^a	2.25 ± 0.15^a	2.23 ± 0.07^a	2.27 ± 0.09^a	2.30 ± 0.17^a
DI						
GPx						
PI	126.33 ± 10.16^a	154.38 ± 12.26^{cd}	162.30 ± 11.26^d	176.06 ± 13.68^e	144.34 ± 7.37^{bc}	132.54 ± 8.97^{ab}
MI	118.45 ± 11.34^a	132.96 ± 5.90^b	143.23 ± 8.70^c	166.71 ± 9.30^d	146.54 ± 5.38^c	133.08 ± 5.89^b
DI	119.48 ± 6.31^a	133.99 ± 8.99^b	152.28 ± 12.04^c	153.46 ± 8.69^c	151.20 ± 9.14^c	145.34 ± 11.01^c
GST						
PI	48.73 ± 4.33^a	57.14 ± 5.04^b	60.66 ± 2.42^b	69.76 ± 2.48^c	68.83 ± 3.55^c	58.08 ± 2.54^b
MI	36.92 ± 3.30^a	43.65 ± 3.61^{bc}	55.75 ± 4.09^d	56.04 ± 4.89^d	47.61 ± 3.38^c	42.51 ± 3.72^b
DI	48.41 ± 2.86^b	54.66 ± 4.11^c	55.00 ± 2.05^c	54.25 ± 2.98^c	53.81 ± 3.56^c	37.10 ± 3.71^a
GR						
PI	27.70 ± 2.06^b	31.96 ± 3.00^c	38.08 ± 2.37^d	32.02 ± 2.21^c	29.94 ± 2.60^{bc}	24.98 ± 1.10^a
MI	27.88 ± 2.00^{ab}	30.04 ± 2.51^b	40.69 ± 3.69^c	38.60 ± 3.15^c	39.07 ± 2.19^c	25.30 ± 1.28^a
DI	26.12 ± 2.45^b	31.93 ± 3.10^c	35.96 ± 3.36^d	31.34 ± 1.74^c	32.10 ± 2.23^c	21.30 ± 2.01^a
GSH						
PI	1.77 ± 0.12^a	2.01 ± 0.14^b	3.16 ± 0.23^e	2.67 ± 0.20^d	2.32 ± 0.22^c	2.26 ± 0.12^c
MI	2.18 ± 0.21^a	2.73 ± 0.16^b	3.77 ± 0.36^c	5.86 ± 0.41^e	5.08 ± 0.28^d	4.84 ± 0.28^d
DI	1.21 ± 0.09^b	2.19 ± 0.13^e	2.94 ± 0.22^f	1.72 ± 0.15^d	1.47 ± 0.14^c	1.03 ± 0.10^a

幼龄草鱼中CAT在 MI 和 DI 中的活动的没有显著差异 (P> 0.05)

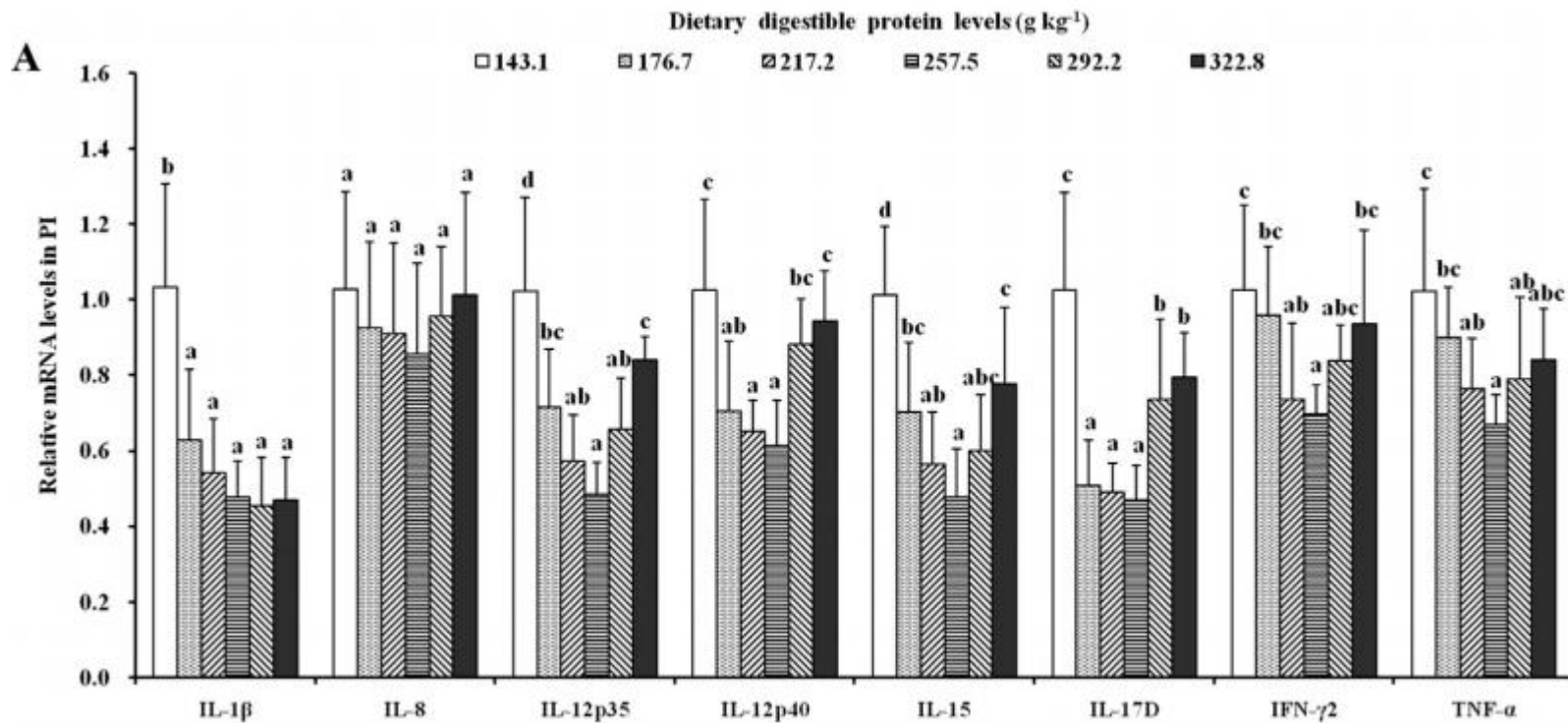
实验结果

4. 抗微生物肽的相对 mRNA 水平



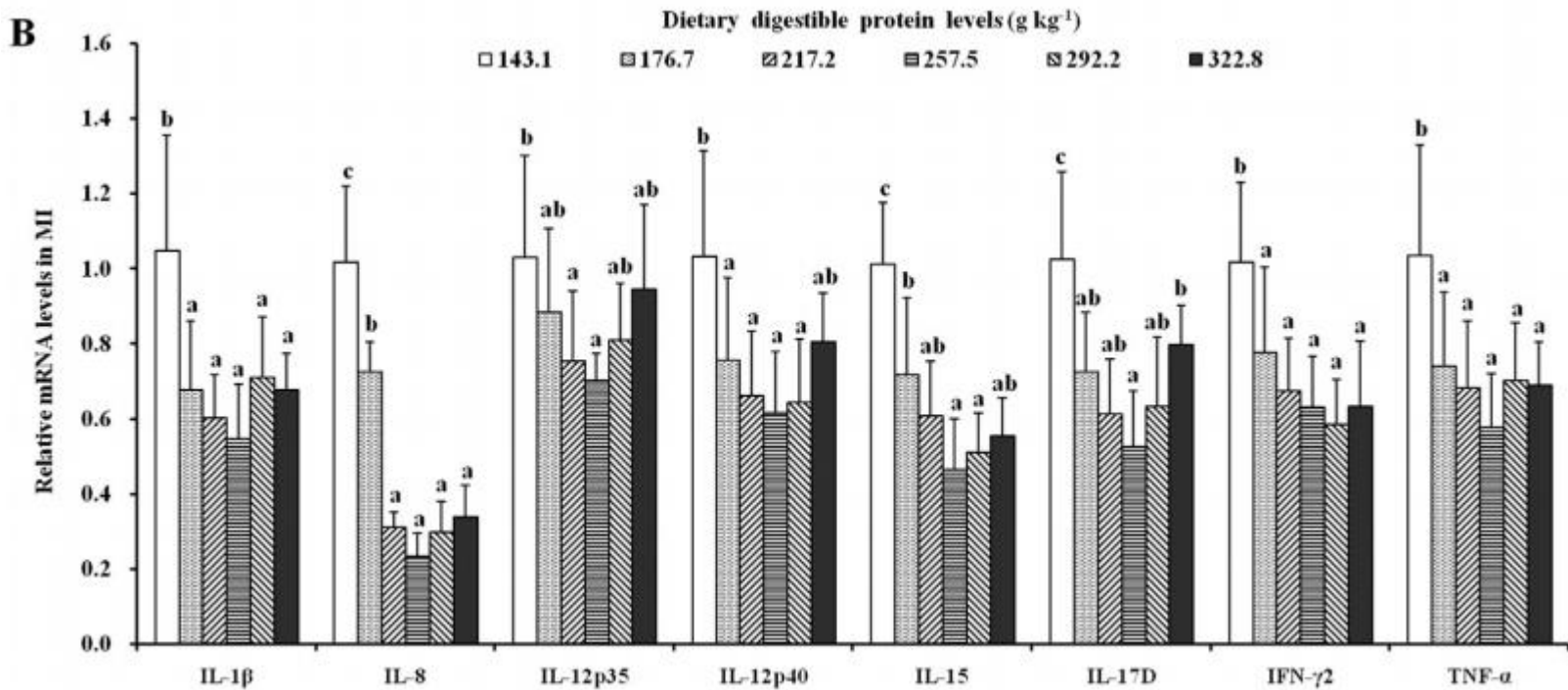
实验结果

5. 肠道中免疫因子的相对 mRNA 水平



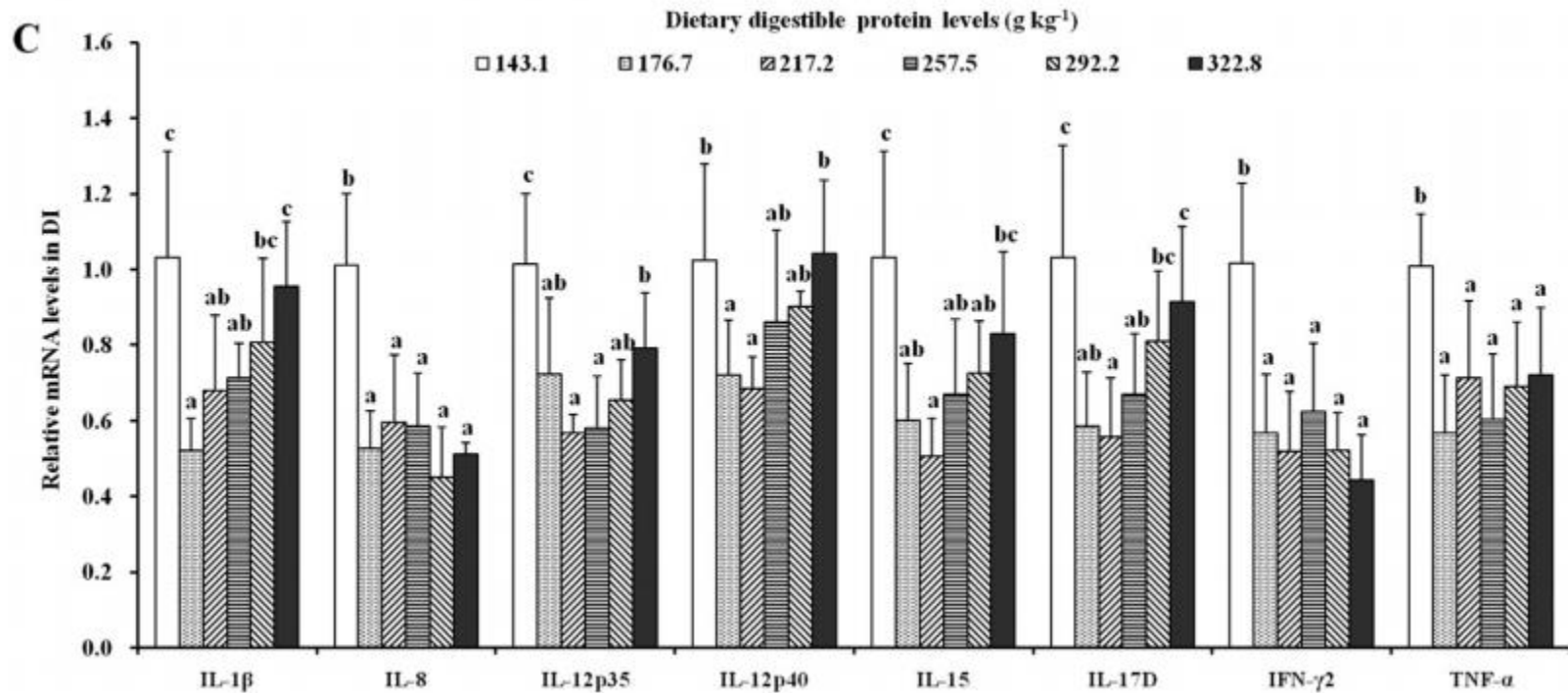
实验结果

5. 肠道中免疫因子的相对 mRNA 水平



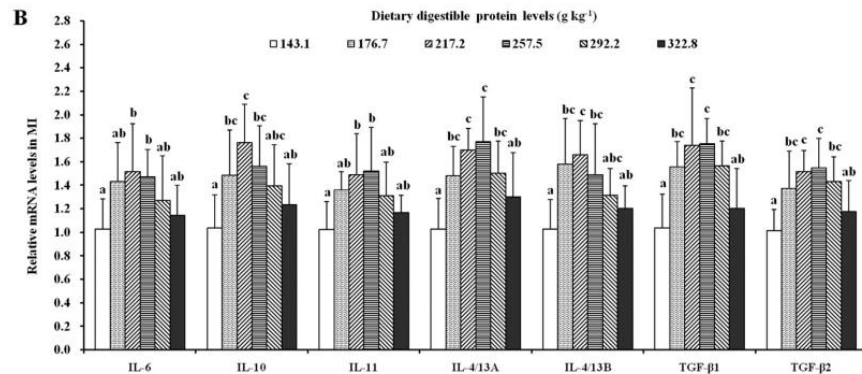
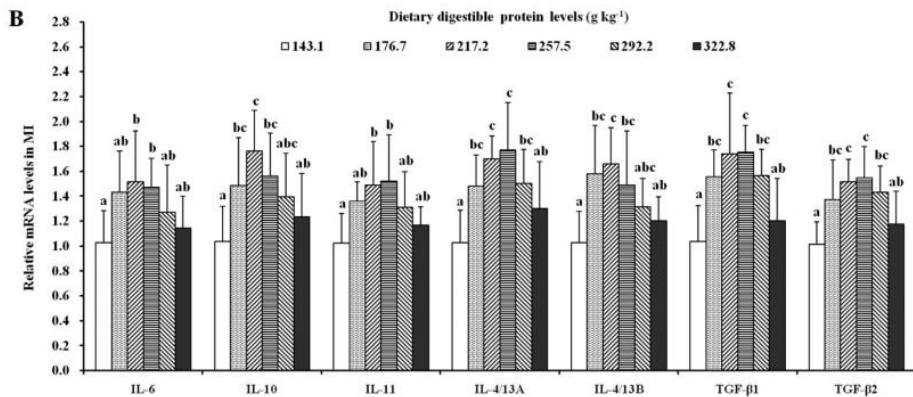
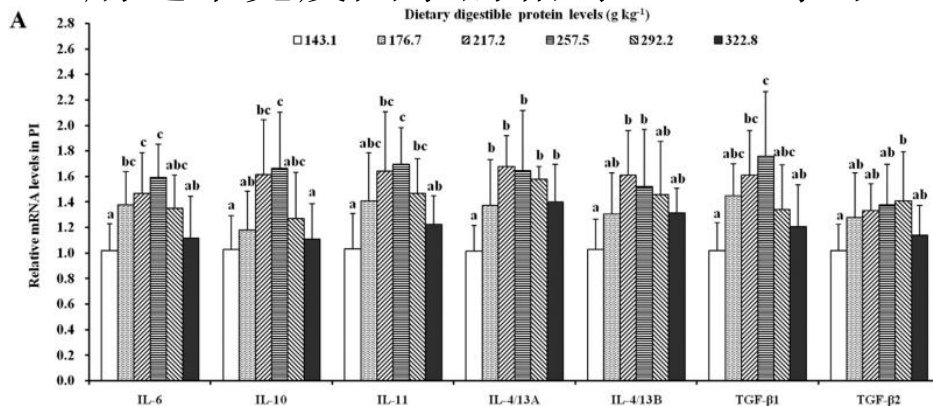
实验结果

5. 肠道中免疫因子的相对 mRNA 水平

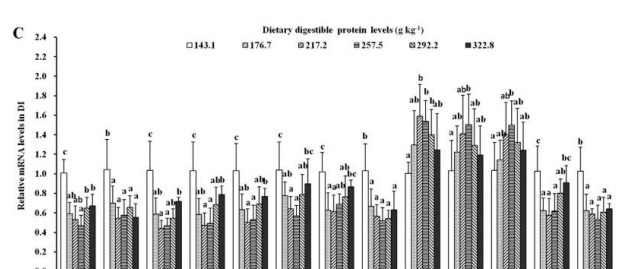
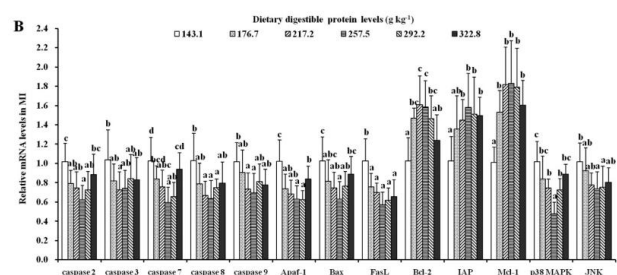
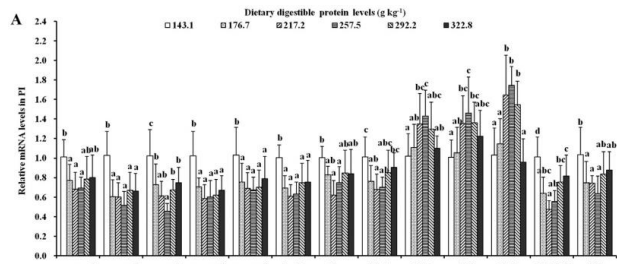
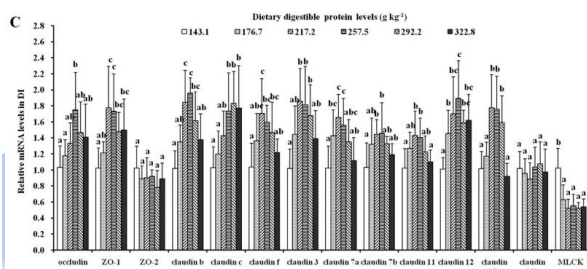
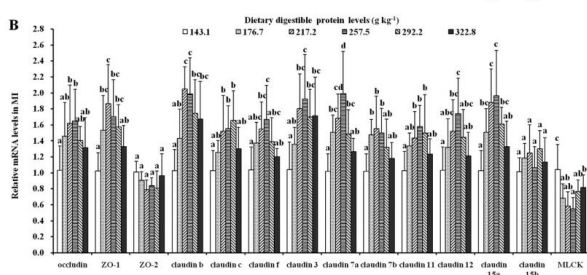
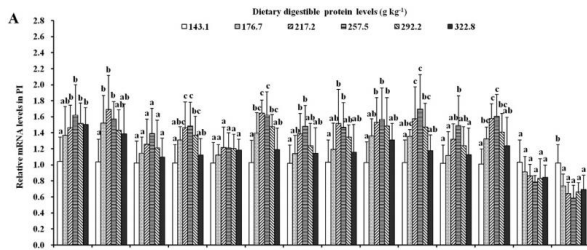
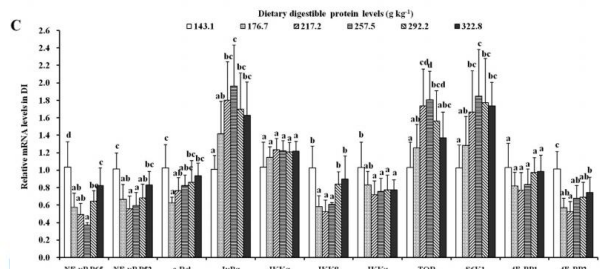
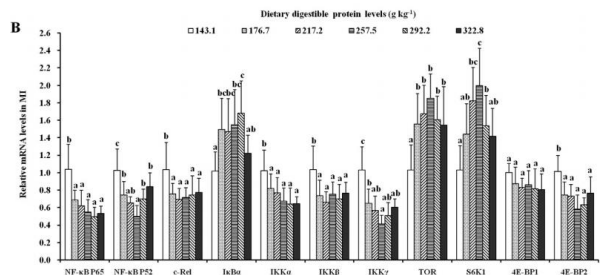
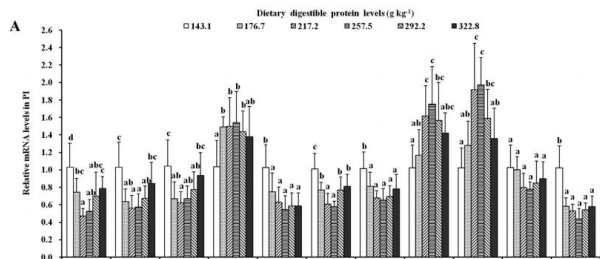


实验结果

5. 肠道中免疫因子的相对 mRNA 水平



实验结果

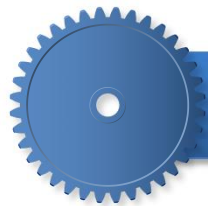


肠道紧密连接带白和肌球蛋白轻链激酶有关参数的相对 mRNA 水平

与凋亡有关参数的相对 mRNA 水平



目录



结论分析



结论分析

- 1.最适饲料蛋白水平有利于改善鱼类生长性能和抗病性。
- 2.最适饲料蛋白水平能通过增加抗菌化合物和减弱炎症来增强草鱼部分肠道免疫屏障功能，其机制与 **NF-kB** 和 **TOR** 相关信号通路有关：
 - (1) 增加抗菌化合物改善肠道免疫功能;
 - (2) **NF-kB** 信号下调促炎细胞因子（不包括 **IL-8**）的mRNA 水平，使肠道炎症减弱;
 - (3) **TOR** 信号上调抗炎细胞因子 mRNA 水平，使感染亲水性嗜酸杆菌后的幼龄草鱼肠道炎症减轻。

结论分析

3.最适饲料蛋白水平改善了幼龄草鱼肠道物理屏障功能部分，其在肠道中发挥作用为；

- (1) 下调 MLCK 的 mRNA 水平和上调 TJ的mRNA 水平，改善肠道细胞间结构完整性；
- (2) 与细胞凋亡有关信号进行信号传导抑制肠道细胞凋亡；
- (3) Nrf2 信号增加与抗氧化物有关的基因mRNA水平，减少感染嗜水气单胞菌后对幼龄草鱼的肠道氧化损伤。



结论分析

综上所述，最适饲料蛋白发挥其作用表现在：

在肠道免疫方面：

增加抗菌物质的生产，下调促炎因子和上调抗炎因子。

在肠道物理屏障方面：

改善的紧密连接屏障，抑制凋亡基因的表达和增强抗氧化能力。



读后感

- 1.建立广泛而全面的知识网。
- 2.实验的设计，实验结果的分析要严谨。
- 3.问题分析应从多方面、多角度进行。
- 4.实验的进行要有耐心，不怕麻烦。





THANKS