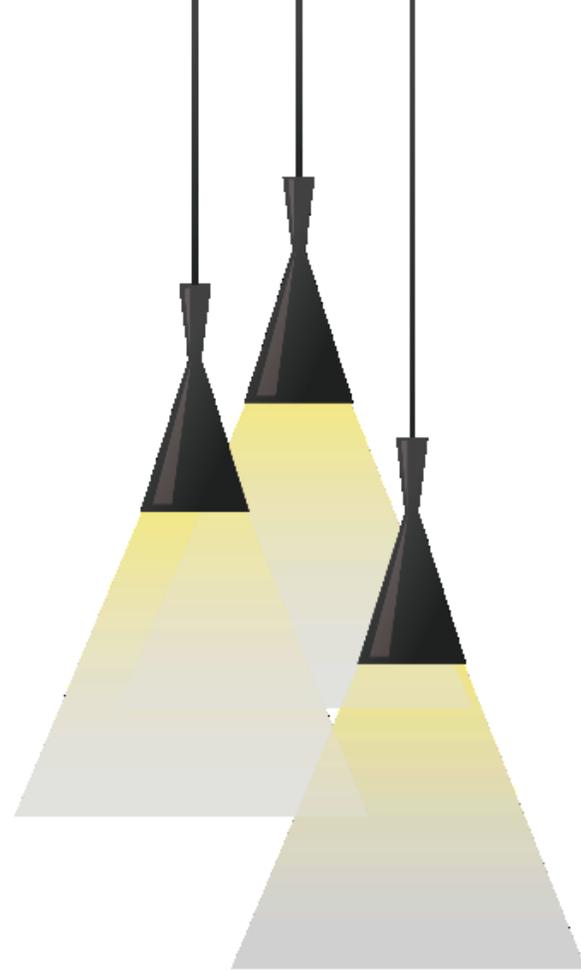


读书报告

汇报人：和子杰 时间：2019.12.29



分享文献

Aquaculture 505 (2019) 54–62

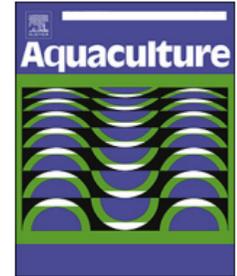


ELSEVIER

Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Aquaculture

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



Effects of replacing fish oil with wheat germ oil on growth, fat deposition, serum biochemical indices and lipid metabolic enzyme of juvenile hybrid grouper (*Epinephelus fuscoguttatus* ♀ × *Epinephelus lanceolatus* ♂)



Li Baoshan, Wang Jiying*, Huang Yu, Hao Tiantian, Wang Shixin, Huang BingShan, Sun Yongzhi

Key Laboratory of Marine Ecological Restoration, Shandong Marine Resources and Environment Research Institute, Yantai 264006, China

f=2.767



01

引言

Introduction

02

实验设计

Experimental design

03

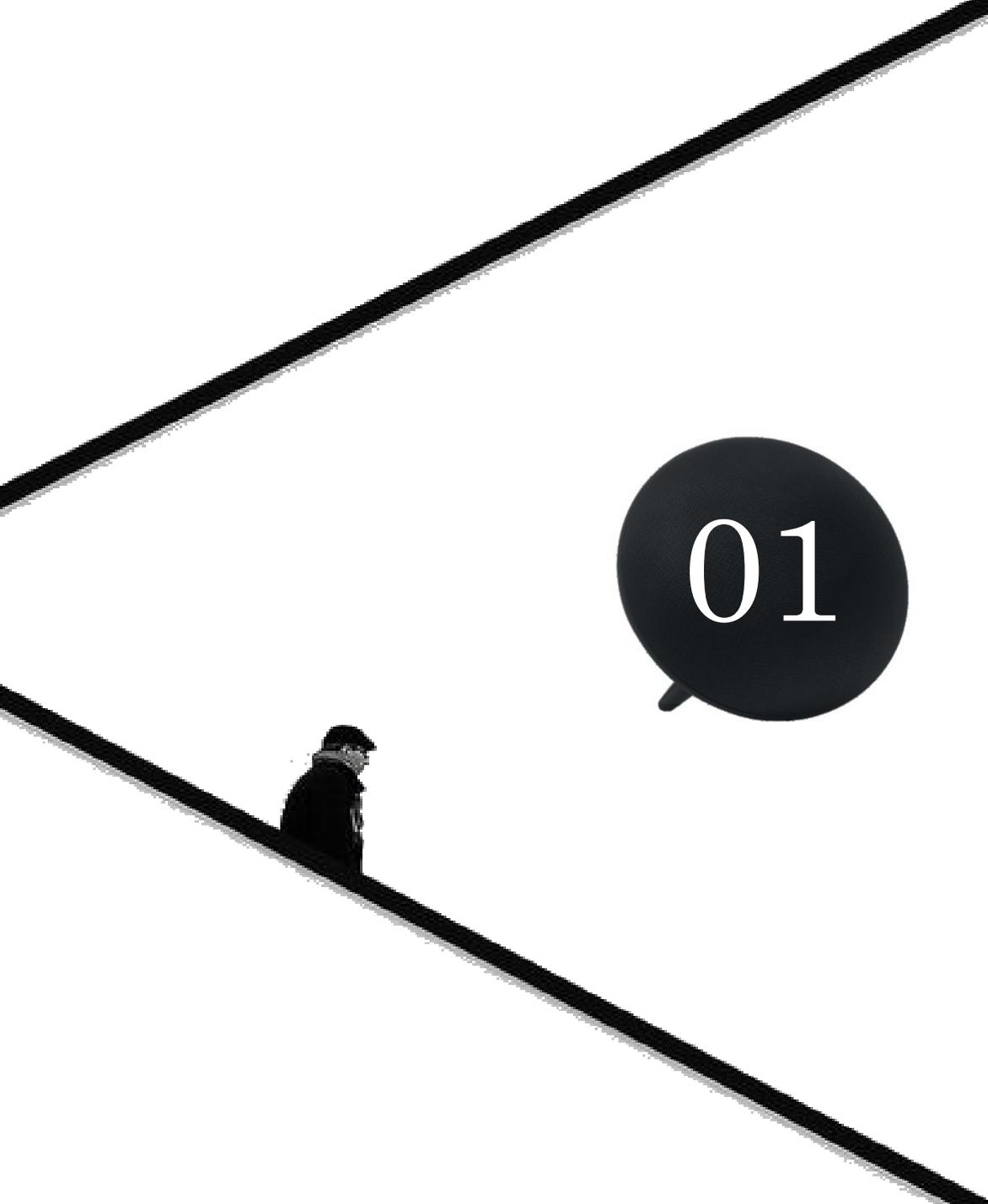
结果与讨论

Results and discussion

04

结论

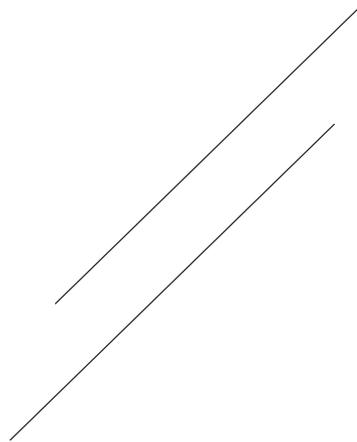
Conclusion



01

引言

Introduction



▶引言

石斑鱼属属于鲈形目、鮨科，肉食性凶猛鱼类；多栖息于岩礁底质海区，一般不结成大群，广分布于太平洋、印度洋和大西洋；中国产31种，主要分布于南海和东海；营养丰富，肉质肥美鲜嫩，是暖水性中下层名贵鱼类。



▶引言

杂交石斑鱼又称珍珠龙胆石斑鱼，是用龙胆石斑(雄)与老虎斑(雌)培育出来的杂交新种石斑鱼，其肉质细嫩、成长快速、抗病力强，有虎斑头、龙胆尾的外型，杂交优势明显。



珍珠龙胆石斑鱼



▶引言

鱼油是水产动物，尤其是海洋食肉鱼类最重要的饲料原料之一。近年来由于水产养殖业的快速发展和全球鱼油生产的停滞不前，鱼油产量已无法满足水产养殖的健康发展。

而植物油因其产量稳定、利用率高、经济价值高成为鱼油的最佳替代品之一。



▶引言

小麦胚芽油是从小麦胚芽中提取出来的一种谷物胚芽油，主要含有**油酸、亚油酸、亚麻酸**等不饱和脂肪酸及**维生素E、二十八烷醇、磷脂及植物甾醇**等多种生理活性组分，营养价值很高，是公认的颇具营养保健作用的功能性油脂。

主要成分

亚油酸（50%以上）

亚麻酸（8%左右）

维生素E（2%-5%）



主要功效

调节内分泌，调解血脂胆固醇；促进新陈代谢，抗氧化，延缓衰老。

▶引言



在对半滑舌鳎的研究中发现小麦胚芽油可替代其膳食中60%的鱼油。

近年来小麦胚芽油低温提取技术已经得到突破，完全实现了工业化生产，价格较低，因此，小麦胚芽油具有很好的应用前景，可能是一种潜在的替代鱼油水产饲料。

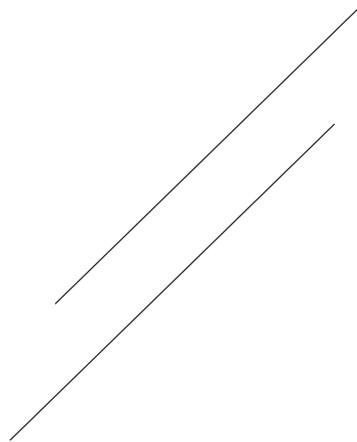
那么小麦胚芽油替代日粮中鱼油对杂交石斑鱼幼鱼生长性能、脂肪酸沉积、血清生化指标和脂质代谢酶有什么影响呢？



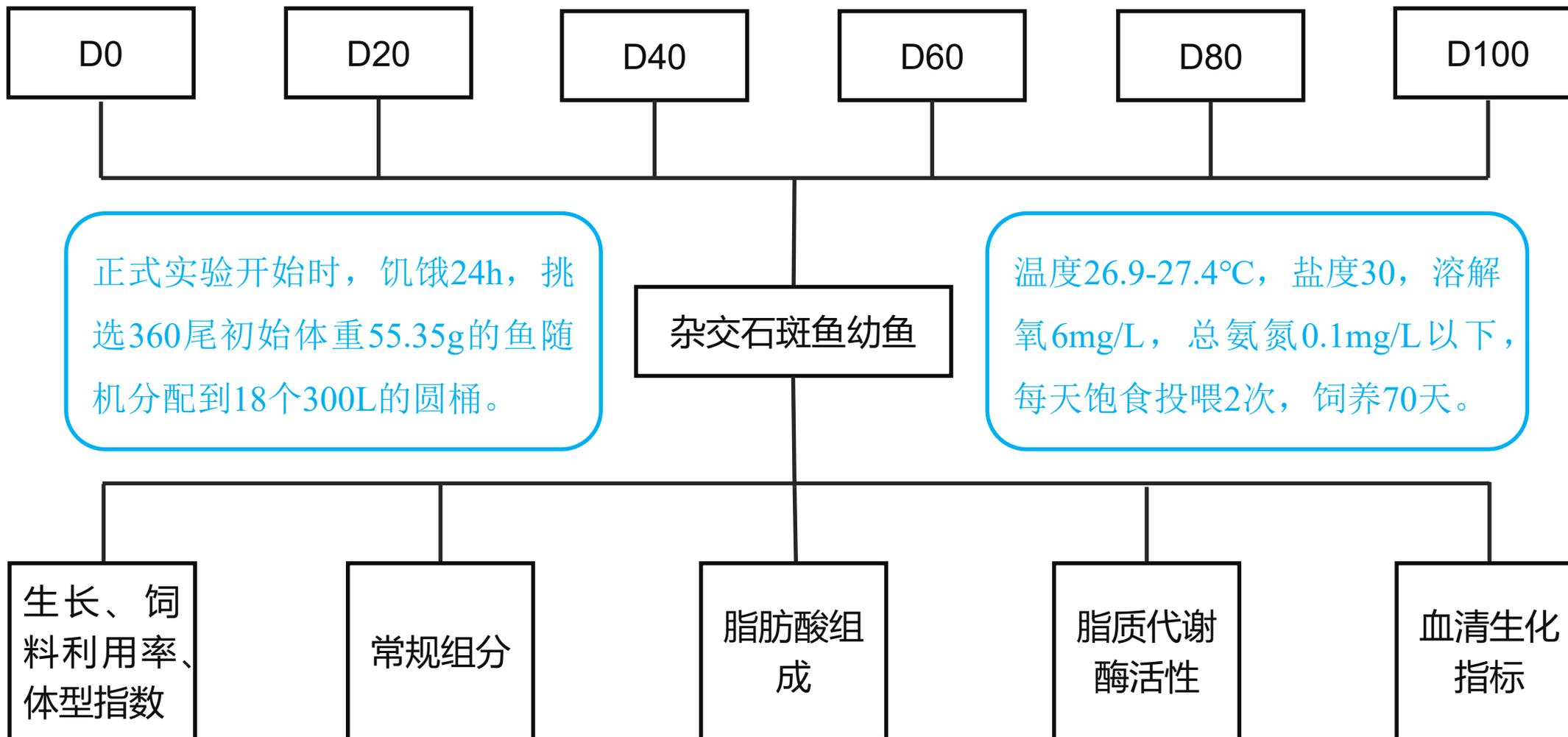
02

实验设计

Experimental design



► 文章技术路线图



实验饲料配方及常规成分

Table 1

Composition and nutrient levels of experimental diets (g kg⁻¹).

	D0	D20	D40	D60	D80	D100
Ingredients						
Fishmeal ^a	400	400	400	400	400	400
Soy protein concentrated ^a	300	300	300	300	300	300
Wheat gluten	20	20	20	20	20	20
Alpha-starch	141.5	141.5	141.5	141.5	141.5	141.5
Methionine	5	5	5	5	5	5
Phospholipids	10	10	10	10	10	10
Fish oil	75	60	45	30	15	0
Wheat germ oil ^b	0	15	30	45	60	75
Choline chloride	5	5	5	5	5	5
Ca(H ₂ PO ₄) ₂	10	10	10	10	10	10
Vitamin mixture ^c	20	20	20	20	20	20
Mineral mixture ^d	10	10	10	10	10	10
Betaine	3	3	3	3	3	3
Ethoxyquin	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Nutrient levels(DM basis)/%						
Crude protein	508.5	510	507.5	511.2	512.4	513.5
Crude lipid	123	123	120.5	121.1	119.7	119.5
Crude ash	120.3	120.8	120.6	119.5	120.2	120
Gross energy/(KJ/g)	18.81	18.59	18.63	18.60	18.49	18.69

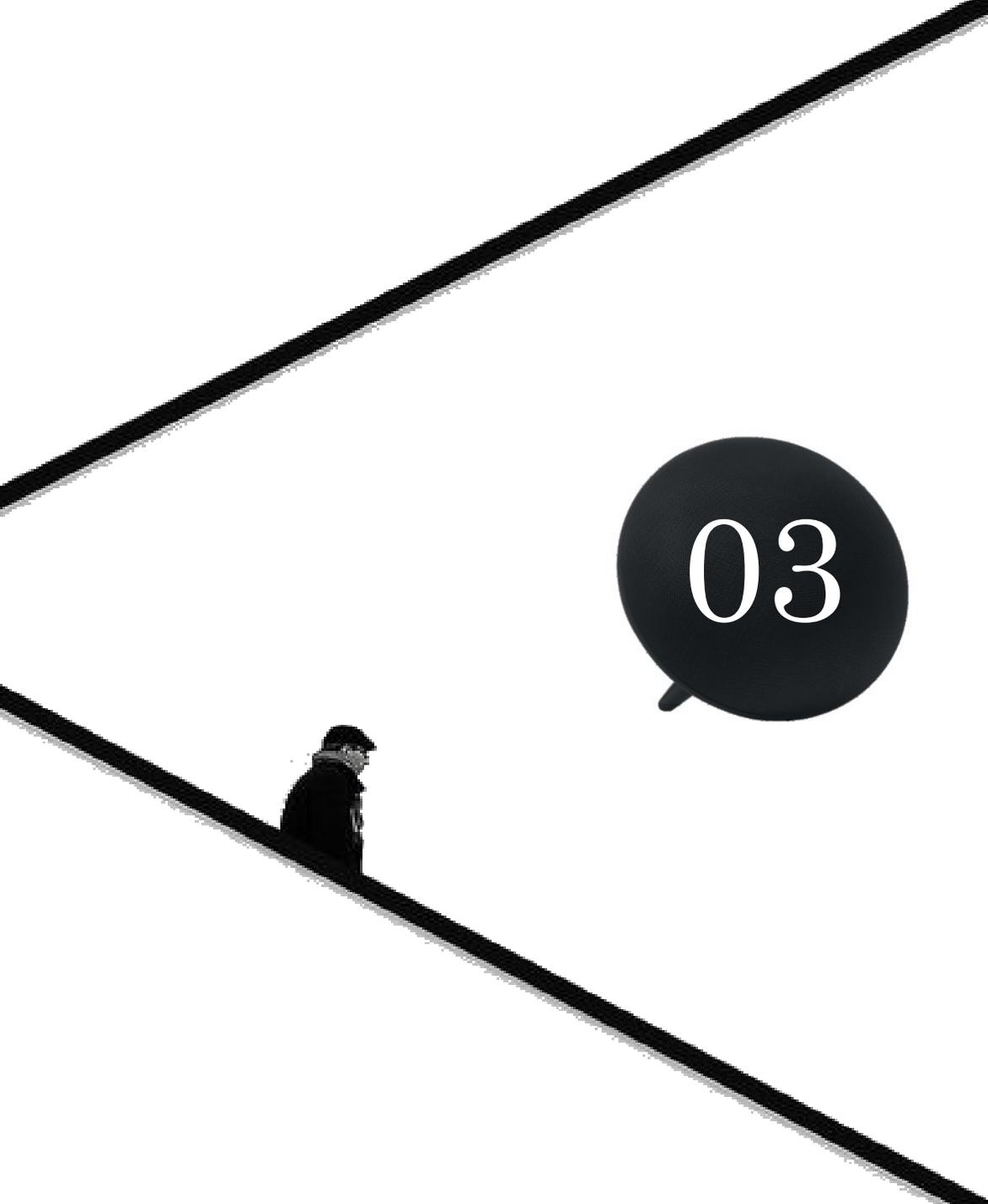
鱼油、小麦胚芽油和日粮的脂肪酸组成

Table 2

Fatty acids composition of fish oil, wheat germ oil and diets (% total fatty acid).

Fatty acids	Fish oil	Wheat germ oil	D0	D20	D40	D60	D80	D100
C14:0	8.48	0.07	6.6	5.63	4.71	3.82	2.95	2.16
C15:0	1.02	0.03	0.68	0.56	0.47	0.37	0.24	0.14
C16:0	24.5	16.11	21.92	21.13	20.31	19.68	18.78	17.97
C18:0	4.04	0.79	4.23	4.02	3.43	3.21	2.71	2.50
C20:0	0.83	0.11	0.69	0.56	0.48	0.34	0.21	0.11
ΣSFA	39.63	17.14	34.68	32.35	29.79	27.73	25.11	23.07
C16:1n-7	7.42	0.14	6.5	5.76	4.86	4.08	3.28	2.61
C18:1n-9	12.42	13.83	8.96	9.41	9.89	10.37	10.86	10.82
C18:1n-7	3.46	1.41	3.31	2.94	2.95	2.58	2.49	2.37
C20:1n-7	3.25	1.12	1.9	1.71	1.5	1.33	1.08	0.88
C22:1n-9	4.39	-	2.47	2.03	1.53	0.97	0.45	-
ΣMUFA	30.94	16.5	23.13	21.85	20.74	19.34	18.17	16.68
C20:2n-9	2.04	-	2	1.63	1.4	1.11	0.78	0.33
C18:2n-6	2.21	60.7	6.14	13.5	20.86	28.74	35.79	41.99
C18:3n-3	1.43	4.19	1.56	1.95	2.33	2.75	3.13	3.53
C20:4n-6	0.64	-	0.81	0.7	0.63	0.54	0.4	0.33
C20:5n-3	5.85	-	11.36	9.97	8.80	7.54	6.60	5.62
C22:6n-3	8.25	-	11.17	9.33	7.72	5.90	4.56	3.72
ΣPUFA	20.99	64.9	34.29	38.21	42.78	47.57	52.11	56.36
Σn-3PUFA	16.09	4.19	25.34	22.38	19.89	17.18	15.13	13.72
Σn-3HUFA	14.10	-	22.53	19.30	16.52	13.44	11.16	9.34
Σn-6PUFA	2.85	60.7	6.95	14.2	21.49	29.28	36.19	42.32
n-3/n-6	5.64	0.07	3.65	1.58	0.93	0.59	0.42	0.32
EPA/DHA	0.71	-	1.02	1.07	1.14	1.28	1.45	1.51

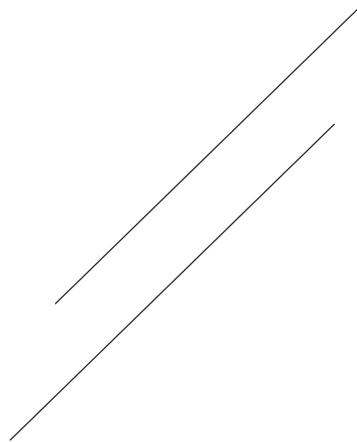
CP=510 g/Kg; CL=120 g/Kg; Gross energy=18.6 KJ/g



03

结果与讨论

Results and discussion



▶结果—生长、饲料利用率、体型指数

Table 3

Effects of replacement of fish oil by WGO on growth, feed utilization and figure indices of hybrid grouper.

Indices	D0	D20	D40	D60	D80	D100
IBW	55.13 ± 0.23	55.23 ± 0.29	55.27 ± 0.40	55.37 ± 0.15	55.57 ± 0.12	55.33 ± 0.25
FBW	146.43 ± 3.17	142.03 ± 5.52	148.37 ± 4.33	145.63 ± 5.60	146.87 ± 14.09	144.93 ± 12.77
WGR ^a	158.79 ± 12.49	156.04 ± 7.15	150.70 ± 24.43	160.02 ± 10.97	162.66 ± 28.91	155.62 ± 31.73
DFI ^a	1.09 ± 0.02	1.07 ± 0.04	1.07 ± 0.08	1.13 ± 0.04	1.12 ± 0.12	1.09 ± 0.08
SGR ^a	1.40 ± 0.03	1.35 ± 0.05	1.41 ± 0.05	1.38 ± 0.06	1.38 ± 0.14	1.37 ± 0.12
FCR ^a	0.88 ± 0.05	0.86 ± 0.05	0.93 ± 0.06	0.90 ± 0.01	0.89 ± 0.01	0.90 ± 0.07
PER ^a	2.44 ± 0.11	2.49 ± 0.12	2.33 ± 0.13	2.36 ± 0.01	2.37 ± 0.02	2.34 ± 0.15
SR ^a	98.33 ± 2.36	100.00 ± 0.00	98.33 ± 2.36	98.33 ± 2.36	98.33 ± 2.36	98.33 ± 2.36
VSI ^b	9.92 ± 0.09 ^a	10.05 ± 0.06 ^{ab}	10.14 ± 0.05 ^{bc}	10.21 ± 0.04 ^{cd}	10.26 ± 0.05 ^{cd}	10.35 ± 0.08 ^d
HSI ^b	3.05 ± 0.11	2.9 ± 0.11	3.38 ± 0.07	3.26 ± 0.47	2.78 ± 0.08	3.18 ± 0.23
MFR ^b	2.39 ± 0.05 ^a	2.50 ± 0.06 ^{ab}	2.55 ± 0.07 ^b	2.63 ± 0.06 ^{bc}	2.73 ± 0.06 ^{cd}	2.81 ± 0.07 ^d
ISI ^b	0.89 ± 0.05	0.93 ± 0.01	0.93 ± 0.08	0.89 ± 0.06	0.94 ± 0.08	0.94 ± 0.05
SSI ^b	0.16 ± 0.01	0.16 ± 0.03	0.17 ± 0.02	0.14 ± 0.01	0.14 ± 0.02	0.16 ± 0.04
CF ^b	3.02 ± 0.13	3.04 ± 0.06	3.00 ± 0.06	2.99 ± 0.03	3.03 ± 0.09	3.08 ± 0.05

实验结果表明，只有内脏指数（VSI）和肠系膜脂肪率（MFR）随着膳食中WGO的增加而显著升高，其他均不受饮食WGO的影响；说明在添加40%鱼粉的日粮中，WGO可以完全替代FO，对杂交石斑鱼的生长没有不利影响。

▶结果—全鱼、肌肉、肝脏常规组分分析

Table 4

Effects of replacing of fish oil by WGO on proximate composition of hybrid grouper (% wet weight).

Whole fish						
Moisture	69.99 ± 0.33	69.43 ± 0.67	69.44 ± 0.33	69.88 ± 0.22	70.32 ± 0.48	69.59 ± 0.34
Crude protein	17.68 ± 0.18	17.81 ± 0.19	17.59 ± 0.34	17.82 ± 0.19	17.98 ± 0.13	17.9 ± 0.24
Crude lipid	8.32 ± 0.23	8.21 ± 0.35	8.02 ± 0.21	8.29 ± 0.21	8.33 ± 0.17	8.26 ± 0.33
Crude ash	3.49 ± 0.12	3.83 ± 0.21	3.75 ± 0.26	3.64 ± 0.14	3.87 ± 0.21	3.71 ± 0.20
Muscle						
Moisture	76.25 ± 0.20	76.07 ± 0.10	75.92 ± 0.31	76.19 ± 0.20	76.00 ± 0.31	76.34 ± 0.19
Crude protein	21.03 ± 0.09	20.76 ± 0.16	21.02 ± 0.04	20.87 ± 0.09	20.82 ± 0.11	20.91 ± 0.15
Crude lipid	1.77 ± 0.07	1.82 ± 0.08	1.75 ± 0.14	1.73 ± 0.09	1.73 ± 0.06	1.82 ± 0.05
Crude ash	1.31 ± 0.07	1.38 ± 0.06	1.39 ± 0.07	1.41 ± 0.08	1.33 ± 0.05	1.35 ± 0.05
Liver						
Moisture	64.86 ± 0.51	64.81 ± 0.67	64.73 ± 0.58	64.54 ± 0.74	64.35 ± 0.46	64.4 ± 0.34
Crude protein	24.06 ± 0.41	23.87 ± 0.37	23.73 ± 0.16	23.87 ± 0.31	24.33 ± 0.22	24.16 ± 0.31
Crude lipid	5.37 ± 0.15	5.58 ± 0.19	5.51 ± 0.31	5.5 ± 0.16	5.46 ± 0.16	5.62 ± 0.24
Crude ash	1.31 ± 0.04	1.33 ± 0.02	1.34 ± 0.04	1.36 ± 0.03	1.32 ± 0.02	1.35 ± 0.02

实验结果表明，WGO替代FO对全鱼、肌肉、肝脏中的水分、粗蛋白、粗脂肪、粗灰分含量没有影响。说明用WGO替代FO对杂交石斑鱼幼鱼体组成无影响。

实验结果表明，WGO替代FO可以降低杂交石斑鱼肌肉中SFA、MUFA和n-3PUFA的含量以及n-3/n-6比值，增加PUHA的含量（n-6PUFA含量增加），而EPA/DHA没有影响。

C15:0	0.54 ± 0.04 ^a	0.49 ± 0.02 ^b	0.43 ± 0.02 ^c	0.35 ± 0.01 ^d	0.30 ± 0.02 ^{de}	0.26 ± 0.02 ^e
C16:0	25.57 ± 0.45 ^a	24.78 ± 0.38 ^b	24.11 ± 0.22 ^b	23.19 ± 0.18 ^c	22.47 ± 0.32 ^d	21.90 ± 0.19 ^e
C18:0	6.13 ± 0.05 ^a	5.88 ± 0.10 ^b	5.63 ± 0.11 ^c	5.56 ± 0.07 ^c	5.30 ± 0.12 ^d	5.22 ± 0.16 ^d
C20:0	0.50 ± 0.03 ^a	0.44 ± 0.02 ^b	0.40 ± 0.01 ^b	0.34 ± 0.02 ^c	0.29 ± 0.03 ^d	0.26 ± 0.02 ^d
ΣSFA	37.77 ± 0.73 ^a	36.32 ± 0.65 ^b	34.94 ± 0.26 ^c	33.07 ± 0.14 ^d	31.69 ± 0.53 ^e	30.68 ± 0.01 ^f
C16:1n-7	6.09 ± 0.03 ^a	5.61 ± 0.09 ^b	5.26 ± 0.08 ^c	4.63 ± 0.08 ^d	4.05 ± 0.11 ^e	3.43 ± 0.06 ^f
C18:1n-9	13.79 ± 0.06	13.88 ± 0.12	13.77 ± 0.17	13.94 ± 0.17	13.94 ± 0.17	13.72 ± 0.12
C18:1n-7	3.36 ± 0.05 ^a	3.13 ± 0.07 ^b	3.02 ± 0.04 ^c	2.89 ± 0.03 ^d	2.73 ± 0.03 ^e	2.62 ± 0.06 ^f
C20:1n-7	2.08 ± 0.06 ^a	1.97 ± 0.01 ^b	1.85 ± 0.06 ^c	1.72 ± 0.06 ^d	1.60 ± 0.02 ^e	1.54 ± 0.04 ^e
C22:1n-9	1.80 ± 0.06 ^a	1.52 ± 0.07 ^b	1.23 ± 0.04 ^c	0.94 ± 0.04 ^d	0.75 ± 0.05 ^e	0.58 ± 0.01 ^f
ΣMUFA	27.12 ± 0.18 ^a	26.12 ± 0.06 ^b	25.13 ± 0.24 ^c	24.12 ± 0.38 ^d	23.06 ± 0.23 ^e	21.88 ± 0.14 ^f
C20:2n-9	0.75 ± 0.02 ^a	0.67 ± 0.02 ^b	0.63 ± 0.04 ^b	0.54 ± 0.04 ^c	0.48 ± 0.01 ^d	0.32 ± 0.01 ^e
C18:2n-6	5.74 ± 0.18 ^a	9.70 ± 0.36 ^b	13.72 ± 0.40 ^c	17.92 ± 0.47 ^d	23.49 ± 0.37 ^e	27.77 ± 0.25 ^f
C18:3n-3	1.20 ± 0.03 ^a	1.45 ± 0.02 ^b	1.61 ± 0.03 ^c	1.82 ± 0.03 ^d	2.05 ± 0.02 ^e	2.26 ± 0.02 ^f
C20:3n-3	0.15 ± 0.01	0.16 ± 0.01	0.15 ± 0.01	0.14 ± 0.01	0.15 ± 0.01	0.14 ± 0.01
C20:4n-6 ARA	0.74 ± 0.04 ^a	0.66 ± 0.02 ^b	0.62 ± 0.02 ^{bc}	0.58 ± 0.04 ^c	0.50 ± 0.01 ^d	0.46 ± 0.05 ^d
C20:5n-3 EPA	5.46 ± 0.13 ^a	5.17 ± 0.16 ^b	4.86 ± 0.04 ^c	4.53 ± 0.13 ^d	4.09 ± 0.08 ^e	3.49 ± 0.16 ^f
C22:6n-3 DHA	8.45 ± 0.23 ^a	8.04 ± 0.17 ^b	7.65 ± 0.20 ^b	6.93 ± 0.18 ^c	6.19 ± 0.14 ^d	5.70 ± 0.22 ^e
ΣPUFA	24.05 ± 0.33 ^a	27.37 ± 0.44 ^b	30.77 ± 0.56 ^c	33.95 ± 0.50 ^d	38.42 ± 0.55 ^e	41.56 ± 0.19 ^f
Σn-3PUFA	16.81 ± 0.16 ^a	16.33 ± 0.22 ^b	15.80 ± 0.22 ^c	14.92 ± 0.21 ^d	13.96 ± 0.18 ^e	13.00 ± 0.15 ^f
Σn-6PUFA	6.48 ± 0.19 ^a	10.36 ± 0.34 ^b	14.34 ± 0.40 ^c	18.49 ± 0.48 ^d	23.98 ± 0.38 ^e	28.24 ± 0.27 ^f
n-3/n-6	2.60 ± 0.05 ^a	1.58 ± 0.05 ^b	1.10 ± 0.02 ^c	0.81 ± 0.03 ^d	0.58 ± 0.02 ^e	0.46 ± 0.03 ^f
EPA/DHA	0.65 ± 0.03	0.64 ± 0.03	0.63 ± 0.02	0.65 ± 0.03	0.66 ± 0.02	0.61 ± 0.05
18:1n-9/n-3HUFA	0.88 ± 0.01 ^a	0.93 ± 0.02 ^b	0.97 ± 0.03 ^c	1.06 ± 0.03 ^d	1.17 ± 0.03 ^{de}	1.28 ± 0.03 ^e

▶结果一—膳食与鱼片脂肪酸浓度相关系数



Table 8

Correlation coefficients (R^2), k and p values of dietary fatty acid concentrations vs. fatty acid concentrations in fillets.

Fatty acids	Liner regression	R^2	k	P
C14:0	$Y_{\text{fillet}} = 0.479X_{\text{diet}} + 1.954$	0.98	0.479	< .05
C16:0	$Y_{\text{fillet}} = 0.952X_{\text{diet}} + 4.659$	0.991	0.952	< .05
C18:0	$Y_{\text{fillet}} = 0.494X_{\text{diet}} + 3.964$	0.979	0.494	< .05
C20:0	$Y_{\text{fillet}} = 0.417X_{\text{diet}} + 0.205$	0.997	0.417	< .05
C16:1n-7	$Y_{\text{fillet}} = 0.67X_{\text{diet}} + 1.82$	0.985	0.67	< .05
C18:1n-7	$Y_{\text{fillet}} = 0.748X_{\text{diet}} + 0.883$	0.96	0.748	< .05
C20:1n-7	$Y_{\text{fillet}} = 0.548X_{\text{diet}} + 1.025$	0.987	0.548	< .05
C20:2n-9	$Y_{\text{fillet}} = 0.253X_{\text{diet}} + 0.259$	0.986	0.253	< .05
C18:2n-6	$Y_{\text{fillet}} = 0.611X_{\text{diet}} + 1.398$	0.993	0.611	< .05
C18:3n-3	$Y_{\text{fillet}} = 0.529X_{\text{diet}} + 0.386$	0.997	0.529	< .05
C20:4n-6	$Y_{\text{fillet}} = 0.566X_{\text{diet}} + 0.271$	0.995	0.566	< .05
C20:5n-3	$Y_{\text{fillet}} = 0.33X_{\text{diet}} + 1.855$	0.955	0.33	< .05
C22:6n-3	$Y_{\text{fillet}} = 0.368X_{\text{diet}} + 4.556$	0.964	0.368	< .05

结果表明：鱼片中的脂肪酸含量与日粮中的脂肪酸含量呈正相关。C16:0、C18:1n-7、C18:2n-6的k值均大于0.6。

实验结果表明，WGO替代FO对杂交石斑鱼肝脏中SFA的含量没有影响，n-3PUFA和n-3/n-6降低，MUFA的含量在替代40%FO时开始降低，而PUHA含量和EPA/DHA升高（n-6PUFA含量增加）。

→ C14:0	4.42 ± 0.48	4.43 ± 0.44	4.41 ± 0.24	4.56 ± 0.31	4.31 ± 0.27	4.39 ± 0.23
→ C15:0	0.26 ± 0.02	0.26 ± 0.01	0.26 ± 0.03	0.25 ± 0.03	0.24 ± 0.01	0.24 ± 0.02
→ C16:0	30.91 ± 0.53	30.88 ± 0.57	30.61 ± 0.33	30.56 ± 0.49	30.86 ± 0.08	30.77 ± 0.09
→ C18:0	6.71 ± 0.25	6.35 ± 0.24	6.86 ± 0.17	6.62 ± 0.21	6.44 ± 0.37	6.49 ± 0.31
C20:0	0.27 ± 0.01 ^a	0.25 ± 0.03 ^a	0.22 ± 0.01 ^b	0.20 ± 0.01 ^{bc}	0.18 ± 0.01 ^{cd}	0.16 ± 0.01 ^d
→ ESFA	42.57 ± 0.81	42.18 ± 0.77	42.35 ± 0.27	42.18 ± 0.77	42.04 ± 0.09	42.05 ± 0.4
C16:1n-7	8.39 ± 0.14 ^a	8.12 ± 0.18 ^{ab}	7.78 ± 0.13 ^b	7.28 ± 0.17 ^c	6.94 ± 0.38 ^c	6.43 ± 0.22 ^d
→ C18:1n-9	23.44 ± 0.38	23.55 ± 0.14	23.58 ± 0.15	23.57 ± 0.19	23.54 ± 0.22	23.86 ± 0.14
C18:1n-7	3.50 ± 0.10 ^a	3.44 ± 0.11 ^{ab}	3.41 ± 0.08 ^{ab}	3.24 ± 0.07 ^b	2.97 ± 0.13 ^c	2.71 ± 0.09 ^d
C20:1n-7	2.78 ± 0.14 ^a	2.61 ± 0.13 ^{ab}	2.51 ± 0.15 ^{abc}	2.37 ± 0.09 ^{bcd}	2.24 ± 0.14 ^{cd}	2.16 ± 0.12 ^d
C22:1n-9	0.75 ± 0.03 ^a	0.64 ± 0.04 ^b	0.57 ± 0.04 ^b	0.43 ± 0.05 ^c	0.30 ± 0.01 ^d	0.18 ± 0.02 ^e
→ ΣMUFA	38.86 ± 0.56 ^a	38.36 ± 0.13 ^{ab}	37.85 ± 0.34 ^b	36.89 ± 0.35 ^c	36.00 ± 0.56 ^{cd}	35.34 ± 0.37 ^d
→ C18:2n-6	2.30 ± 0.09 ^a	3.78 ± 0.24 ^b	5.90 ± 0.14 ^c	7.77 ± 0.24 ^d	10.05 ± 0.12 ^e	11.92 ± 0.28 ^f
→ C18:3n-3	0.49 ± 0.01 ^a	0.50 ± 0.01 ^a	0.50 ± 0.01 ^a	0.57 ± 0.02 ^b	0.63 ± 0.02 ^c	0.69 ± 0.03 ^d
→ C20:3n-3	0.14 ± 0.02	0.14 ± 0.01	0.13 ± 0.01	0.13 ± 0.01	0.14 ± 0.01	0.13 ± 0.02
C20:4n-6 ARA	0.38 ± 0.02 ^a	0.34 ± 0.02 ^b	0.27 ± 0.02 ^c	0.21 ± 0.01 ^d	0.18 ± 0.01 ^{de}	0.14 ± 0.02 ^e
C20:5n-3 EPA	1.41 ± 0.10 ^a	1.34 ± 0.06 ^{ab}	1.22 ± 0.02 ^{bc}	1.01 ± 0.07 ^{cd}	0.97 ± 0.05 ^d	0.75 ± 0.04 ^e
C22:6n-3 DHA	4.12 ± 0.10 ^a	3.63 ± 0.10 ^b	2.88 ± 0.06 ^c	2.31 ± 0.05 ^d	1.82 ± 0.05 ^e	1.21 ± 0.05 ^f
→ ΣPUFA	10.40 ± 0.28 ^a	11.05 ± 0.16 ^b	12.05 ± 0.12 ^c	13.13 ± 0.11 ^d	14.69 ± 0.20 ^e	15.53 ± 0.30 ^f
→ Σn-3PUFA	7.72 ± 0.11 ^a	6.93 ± 0.09 ^b	5.88 ± 0.04 ^c	5.14 ± 0.16 ^d	4.47 ± 0.09 ^e	3.47 ± 0.12 ^f
→ Σn-6PUFA	2.68 ± 0.07 ^a	4.12 ± 0.23 ^b	6.17 ± 0.12 ^c	7.99 ± 0.25 ^d	10.22 ± 0.11 ^e	12.06 ± 0.28 ^f
→ n-3/n-6	2.88 ± 0.07 ^a	1.69 ± 0.04 ^b	0.95 ± 0.02 ^c	0.65 ± 0.04 ^d	0.44 ± 0.01 ^e	0.29 ± 0.01 ^f
→ EPA/DHA	0.34 ± 0.02 ^a	0.37 ± 0.01 ^a	0.42 ± 0.01 ^b	0.47 ± 0.02 ^c	0.53 ± 0.01 ^d	0.62 ± 0.01 ^e
→ 18:1n-9/n-3HUFA	3.25 ± 0.15 ^a	3.66 ± 0.07 ^b	4.38 ± 0.02 ^c	5.16 ± 0.23 ^d	6.14 ± 0.15 ^e	8.59 ± 0.27 ^f

实验结果表明，WGO替代FO可降低杂交石斑鱼肠系膜脂肪中SFA、MUFA、n-3PUFA含量和n-3/n-6，增加PUHA含量（n-6PUFA含量增加），而对EPA与DHA的比值没有影响。

C14:0	6.11 ± 0.04 ^a	5.74 ± 0.11 ^b	5.23 ± 0.13 ^c	4.89 ± 0.03 ^d	4.45 ± 0.07 ^e	4.02 ± 0.08 ^f
C15:0	0.63 ± 0.02 ^a	0.60 ± 0.02 ^b	0.55 ± 0.02 ^c	0.47 ± 0.02 ^d	0.42 ± 0.01 ^e	0.38 ± 0.01 ^f
C16:0	22.52 ± 0.61	22.45 ± 0.47	22.26 ± 0.36	22.2 ± 0.32	22.43 ± 0.76	22.28 ± 0.23
C18:0	4.13 ± 0.16	4.19 ± 0.11	4.07 ± 0.08	4.16 ± 0.13	4.13 ± 0.12	3.99 ± 0.10
C20:0	0.56 ± 0.01 ^a	0.51 ± 0.02 ^b	0.46 ± 0.01 ^c	0.38 ± 0.02 ^d	0.32 ± 0.02 ^e	0.28 ± 0.01 ^f
ΣSFA	34.46 ± 0.78 ^a	33.97 ± 0.47 ^{ab}	33.02 ± 0.23 ^{bc}	32.5 ± 0.31 ^{cd}	32.09 ± 0.95 ^{cd}	31.25 ± 0.34 ^d

EPA/ DHA在肌肉和肠系膜脂肪中的比例不受饮食脂质来源变化的影响，而在肝脏中升高，这意味着DHA优先沉积在肌肉和肠系膜脂肪这两种组织中。

C20:3n-3	0.20 ± 0.01	0.20 ± 0.02	0.21 ± 0.01	0.20 ± 0.01	0.20 ± 0.01	0.21 ± 0.02
C20:4n-6 ARA	0.64 ± 0.02 ^a	0.58 ± 0.02 ^b	0.55 ± 0.01 ^{bc}	0.51 ± 0.01 ^c	0.44 ± 0.03 ^d	0.39 ± 0.02 ^e
C20:5n-3 EPA	7.21 ± 0.12 ^a	6.92 ± 0.15 ^b	6.47 ± 0.04 ^c	5.91 ± 0.17 ^d	5.20 ± 0.11 ^e	4.55 ± 0.10 ^f
C22:6n-3 DHA	9.18 ± 0.11 ^a	8.76 ± 0.14 ^b	8.28 ± 0.05 ^c	7.50 ± 0.19 ^d	6.68 ± 0.09 ^e	5.78 ± 0.09 ^f
ΣPUFA	30.73 ± 0.12 ^a	31.96 ± 0.31 ^b	34.00 ± 0.13 ^c	37.06 ± 0.34 ^d	39.20 ± 0.49 ^e	40.16 ± 0.45 ^f
Σn-3PUFA	20.20 ± 0.21 ^a	19.60 ± 0.31 ^b	18.77 ± 0.06 ^c	17.45 ± 0.40 ^d	16.05 ± 0.23 ^e	14.66 ± 0.20 ^f
Σn-6PUFA	8.90 ± 0.16 ^a	11.11 ± 0.23 ^b	14.21 ± 0.16 ^c	18.67 ± 0.24 ^d	22.35 ± 0.32 ^e	24.85 ± 0.24 ^f
n-3/n-6	2.27 ± 0.06 ^a	1.76 ± 0.06 ^b	1.32 ± 0.01 ^c	0.94 ± 0.03 ^d	0.72 ± 0.01 ^e	0.59 ± 0.01 ^f
EPA/DHA	0.79 ± 0.01	0.79 ± 0.01	0.78 ± 0.01	0.79 ± 0.01	0.78 ± 0.01	0.79 ± 0.01
18:1n-9/n-3HUFA	0.75 ± 0.01 ^a	0.79 ± 0.01 ^b	0.83 ± 0.01 ^c	0.90 ± 0.03 ^d	1.02 ± 0.02 ^e	1.18 ± 0.02 ^f

▶结果—各组织脂肪酸组成比较分析

已有研究表明，组织中大部分脂肪酸组成与膳食脂肪酸组成呈正相关。

	C14:0	C15:0	C16:0	C18:0	C20:0	Σ SFA
饲料	↓	↓	↓	↓	↓	↓
肌肉	↓	↓	↓	↓	↓	↓
肝脏	—	—	—	—	↓	—
肠系膜脂肪	↓	↓	—	—	↓	↓
	C16:1n-7	C18:1n-9	C18:1n-7	C20:1n-7	C22:1n-9	Σ MUFA
饲料	↓	↑	↓	↓	↓	↓
肌肉	↓	—	↓	↓	↓	↓
肝脏	↓	—	↓	↓	↓	↓
肠系膜脂肪	↓	—	↓	↓	↓	↓

▶结果—各组织脂肪酸组成比较分析

	C20:2n-9	C18:2n-6	C18:3n-3	C20:3n-3	C20:4n-6 ARA	C20:5n-3 EPA	C22:6n-3 DHA	Σ PUFA
饲料	↓	↑	↑	↓	↓	↓	↓	↑
肌肉	↓	↑	↑	—	↓	↓	↓	↑
肝脏	无	↑	↑	—	↓	↓	↓	↑
肠系膜脂肪	↓	↑	↑	—	↓	↓	↓	↑

饮食处理后，C18:1n-9、（C20:3n-3）在各组织中不受影响，C18: 2n-6和C18: 3n-3在各组织中的积累均增加，而ARA、EPA、DHA则都减少。

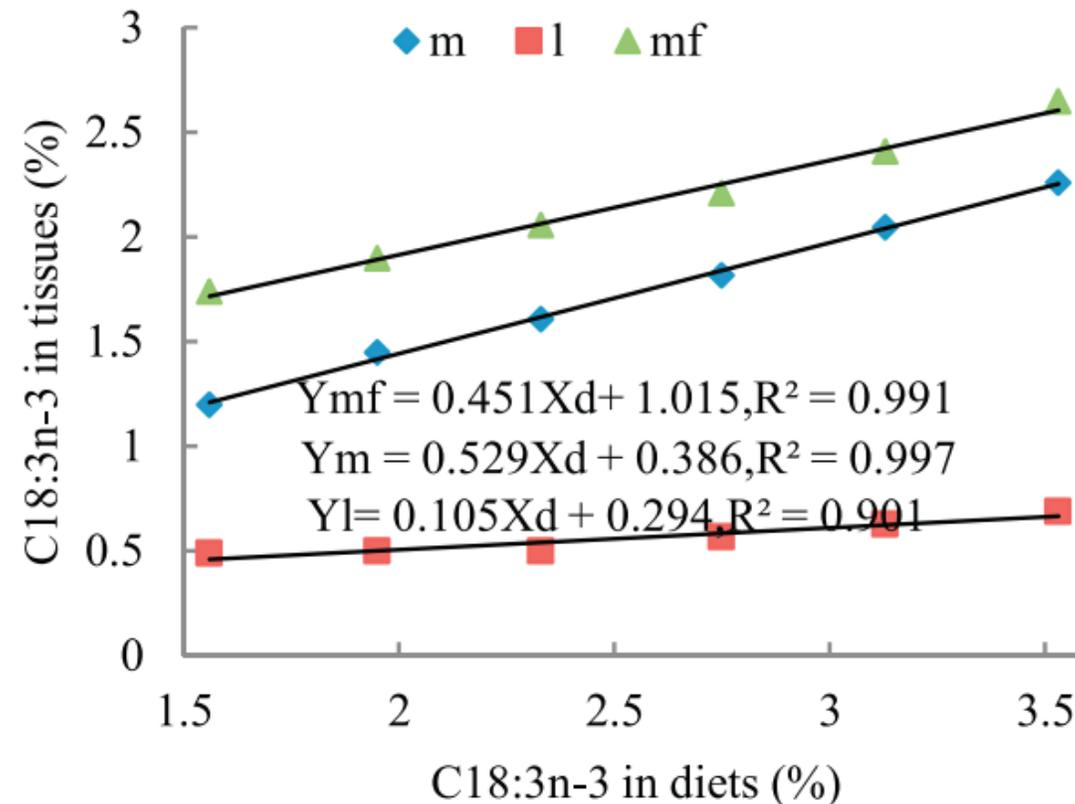
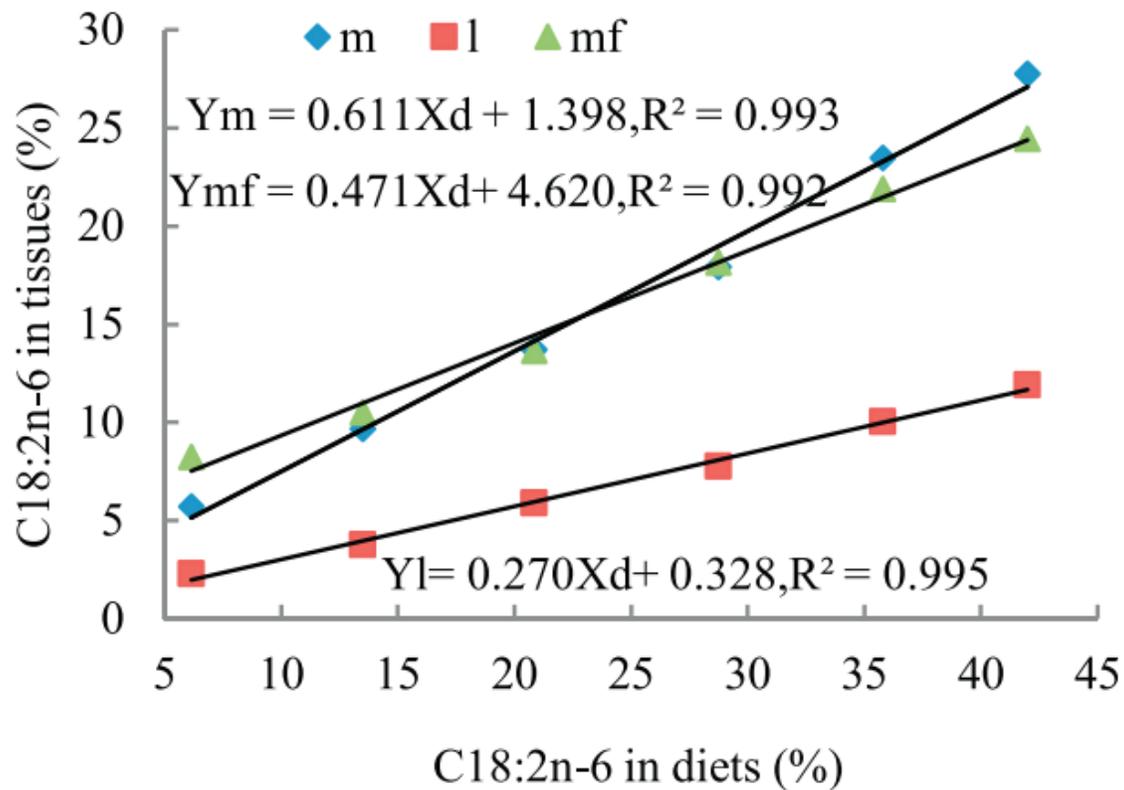
▶结果—各组织脂肪酸组成比较分析

	Σ PUFA	Σ n-3PUFA	Σ n-6PUFA	n-3/n-6	EPA/DHA	18:1n-9/n-3HUFA
饲料	↑	↓	↑	↓	↑	
肌肉	↑	↓	↑	↓	—	↑
肝脏	↑	↓	↑	↓	↑	↑
肠系膜脂肪	↑	↓	↑	↓	—	↑

C18:1n-9/n-3HUFA作为必需脂肪酸的缺乏的指标,但可能不适合这个石斑鱼。
C18:1n-9在所有的组织中的百分比都没有改变。

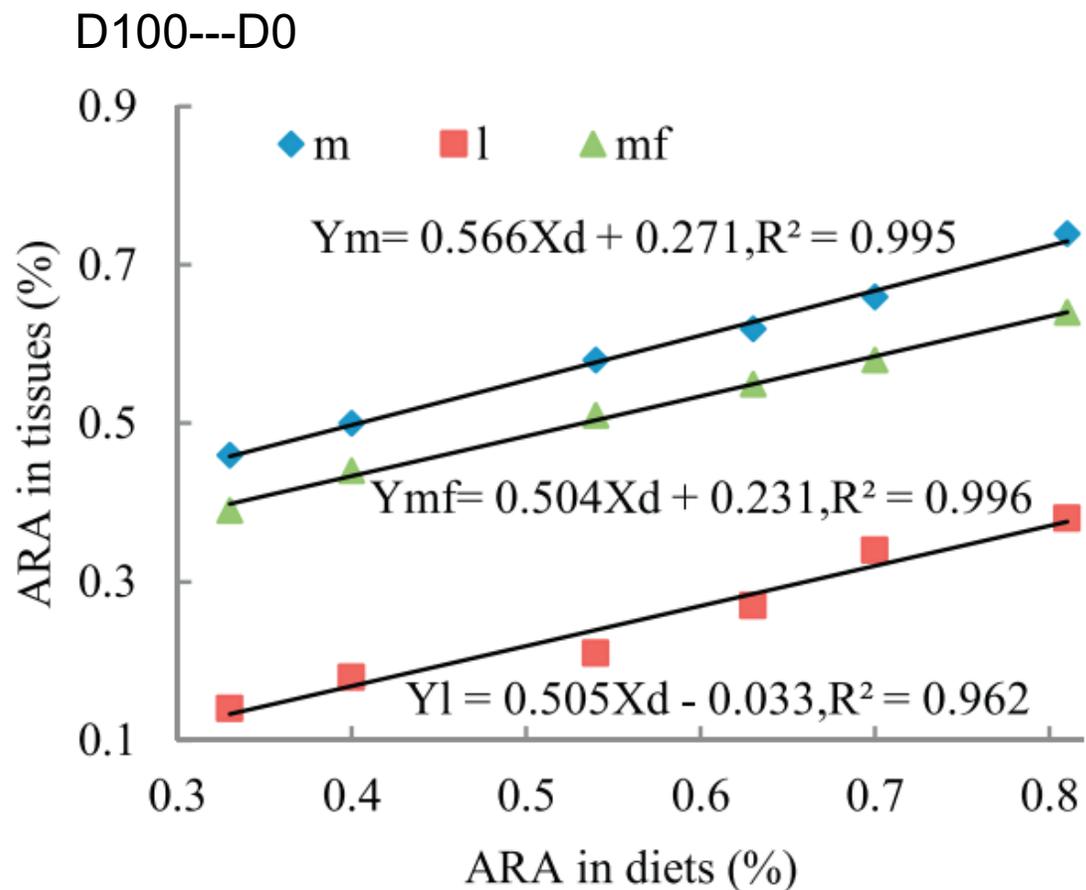
▶结果一 膳食脂肪酸浓度与组织脂肪酸浓度的相关系数

D0---D100

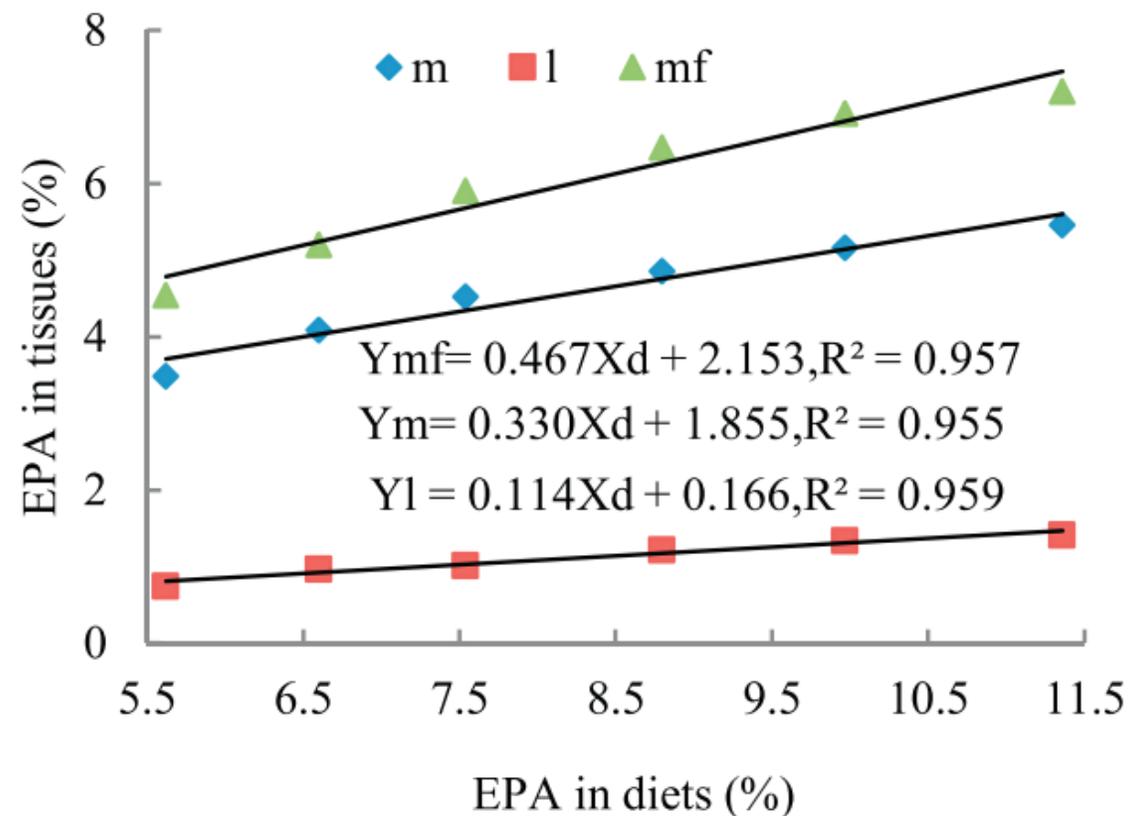


肝脏中C18: 2n-6和C18: 3n-3的沉积率要比背肌和肠系膜脂肪慢得多 (k值较小), 这代表着脂肪酸在组织中的利用或偏好的差异。

▶结果一 膳食脂肪酸浓度与组织脂肪酸浓度的相关系数



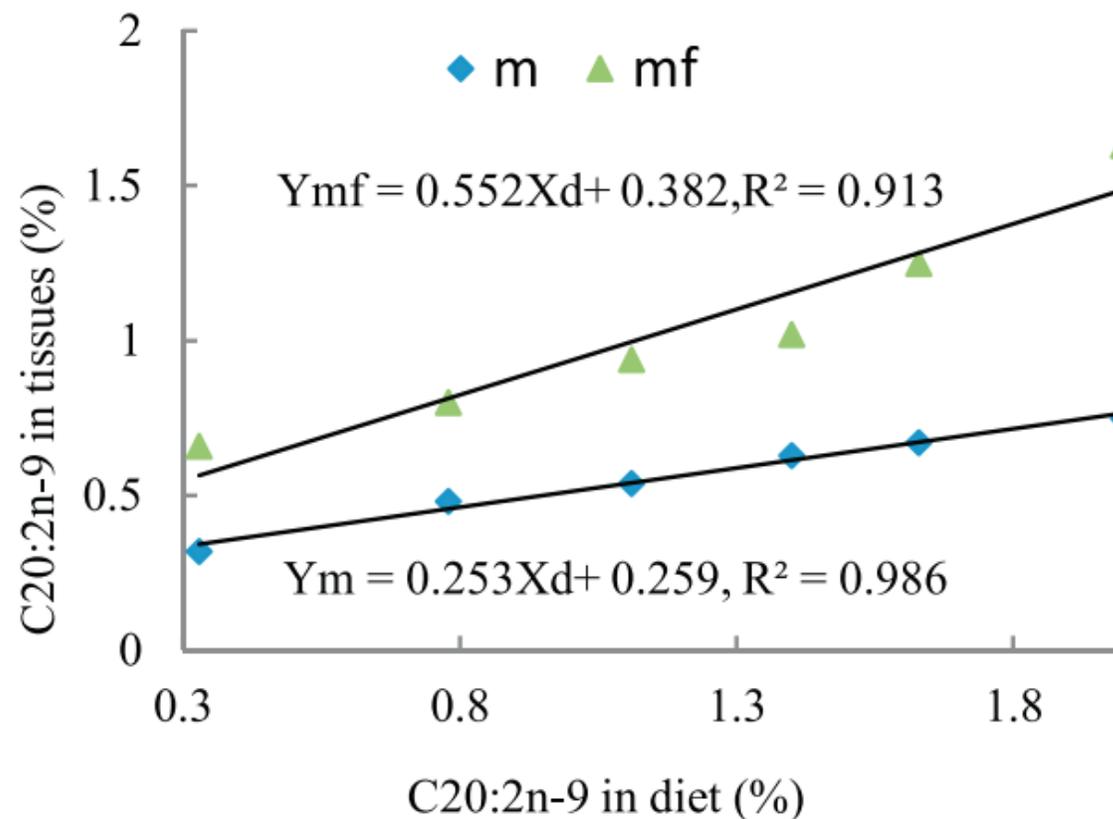
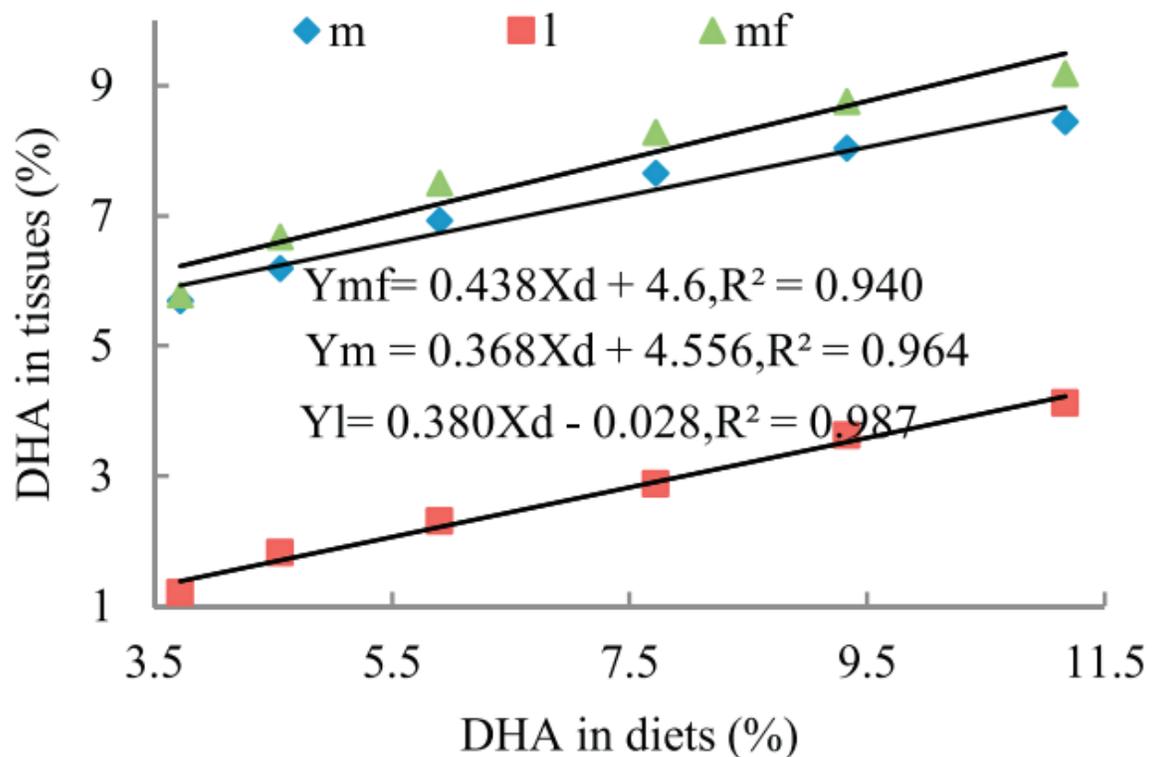
ARA在肌肉、肠系膜脂肪和肝脏中的沉积率较为一致。



EPA在肌肉和肠系膜脂肪中的沉积率比肝脏快。

▶结果一 膳食脂肪酸浓度与组织脂肪酸浓度的相关系数

D100---D0



C20:2n-9大部分沉积在肠系膜脂肪中，这意味着它不是石斑鱼必需的脂肪酸；在有关金头鲷的一篇报道中指出C20:2n: 9的积累结果与体内HUFA的积累有关。

▶结果—脂质代谢相关酶活性分析

Table 9

Effects of replacement of fish oil by WGO on lipid metabolism enzymes activities of hybrid grouper.

Indices	D0	D20	D40	D60	D80	D100
LPL (U mgprot ⁻¹)	1.08 ± 0.10	1.07 ± 0.10	1.05 ± 0.08	1.01 ± 0.10	1.08 ± 0.14	1.06 ± 0.14
HL (U mgprot ⁻¹)	2.04 ± 0.21	2.05 ± 0.29	2.08 ± 0.34	2.00 ± 0.13	2.09 ± 0.24	1.96 ± 0.21
TL (U mgprot ⁻¹)	3.12 ± 0.12	3.12 ± 0.35	3.13 ± 0.26	3.01 ± 0.11	3.17 ± 0.24	3.01 ± 0.35
FAS (nmol L ⁻¹)	0.84 ± 0.01	0.84 ± 0.01	0.82 ± 0.02	0.83 ± 0.01	0.82 ± 0.01	0.83 ± 0.02
LPS (U gprot ⁻¹)	134.36 ± 3.48 ^a	123.08 ± 3.76 ^b	109.31 ± 4.63 ^c	98.79 ± 3.94 ^d	89.52 ± 5.03 ^e	81.01 ± 3.29 ^e

实验结果表明，只有脂肪酶(LPS)随着膳食中WGO的增加而显著下降。脂肪酸的生物合成活性不受脂质来源的影响，这可能与肠系膜脂肪的积累有关。

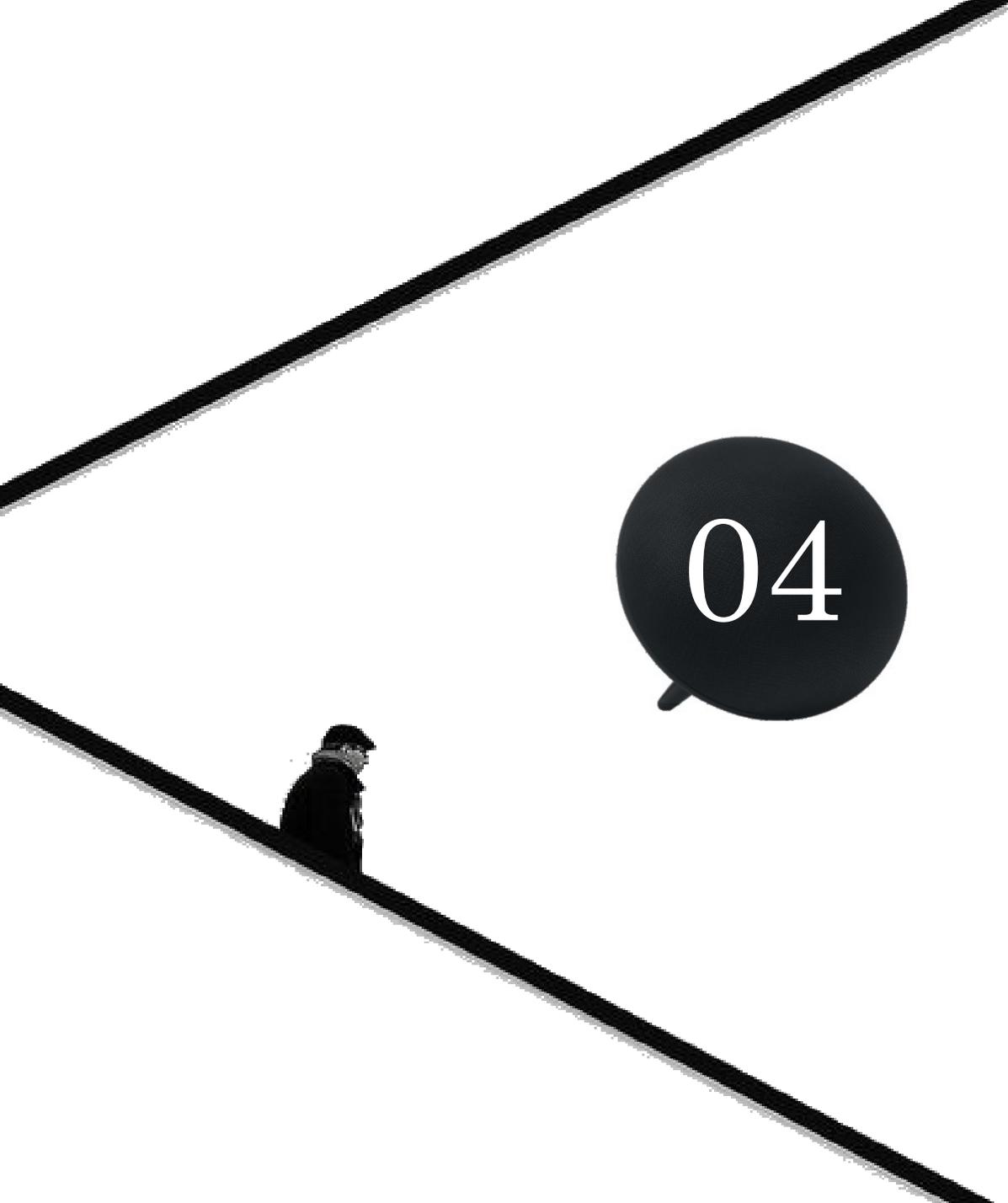
▶结果—血清生化分析

Table 10

Effects of replacement of fish oil by WGO on plasma parameters of hybrid grouper.

Indices	D0	D20	D40	D60	D80	D100
TG(mmol L ⁻¹)	0.33 ± 0.05 ^a	0.37 ± 0.02 ^{ab}	0.40 ± 0.03 ^{abc}	0.42 ± 0.05 ^{abc}	0.45 ± 0.04 ^{bc}	0.50 ± 0.06 ^c
TCHO(mmol L ⁻¹)	1.77 ± 0.03	1.76 ± 0.02	1.74 ± 0.03	1.74 ± 0.03	1.71 ± 0.04	1.70 ± 0.03
HDL-C(mmol L ⁻¹)	0.09 ± 0.01	0.10 ± 0.02	0.10 ± 0.01	0.09 ± 0.01	0.09 ± 0.02	0.09 ± 0.01
LDL-C(mmol L ⁻¹)	0.92 ± 0.03	0.91 ± 0.02	0.91 ± 0.02	0.91 ± 0.04	0.90 ± 0.02	0.89 ± 0.02

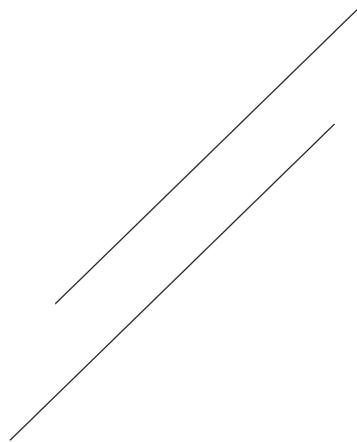
实验结果表明，各组总胆固醇(T-CHO)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)含量无差异，但膳食WGO可使甘油三酯(TG)升高。



04

结论

Conclusion



▶结论



对于接近成年的杂交石斑鱼来说，50%粗蛋白、12%粗脂的饲料中约有71.8%的膳食鱼油可被WGO替代；但根据目前的研究结果，还不能确定该杂交石斑鱼对必需脂肪酸的定量需求。

————— LOGO —————

恳请各位老师同学批评指正

汇报人：和子杰