

# 读书报告

汇报人: 贾申宗

时间: 2019年4月14日

RESEARCH ARTICLE

# Replacement of fish oil with palm oil: Effects on growth performance, innate immune response, antioxidant capacity and disease resistance in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)

**Christian Larbi Ayisi, Jinliang Zhao\*, Jun-Wei Wu**

Key Laboratory of Freshwater Fishery Germplasm Resources, Ministry of Agriculture, Shanghai Ocean University, Shanghai, P. R. China

\* [jlzhao@shou.edu.cn](mailto:jlzhao@shou.edu.cn)



# 目录

DIRECTORY

01

研究背景

02

材料与方法

03

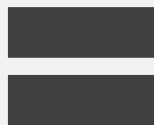
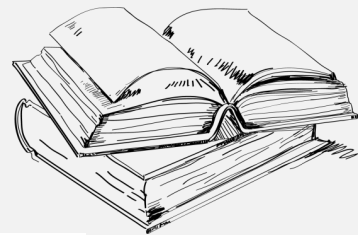
实验结果

04

结论与分析

# 一

## 研究背景



鱼油是水产饲料中重要的脂肪源，具有**脂肪酸组成相对均衡**、**富含n-3高度不饱和脂肪酸**和**诱食性好**等优点。然而，目前有限的产量已不能满足水产饲料工业日益增长的需求。植物油具有**来源广**、**产量大**且**价格相对低廉**等优点，因此被认为是替代水产饲料中鱼油的理想选择。

# 研究背景



棕榈油是一种热带木本植物油，含有**均衡的饱和与不饱和脂肪酸**，且**不含有胆固醇**，是目前世界上生产量、消费量和国际贸易量最大的植物油品种，与大豆油、菜籽油并称为“世界三大植物油”。

# 研究背景

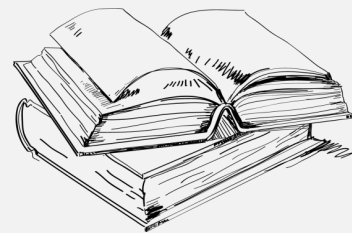


尼罗罗非鱼，属于鲈形目丽鱼科，是罗非鱼中最大型的品种，**骨刺少**，**肉质细嫩**且富有弹性，**味道鲜美**，其风味可与海洋鲷鱼、比目鱼媲美，我国于1978年从泰国引进并推广养殖。



# 一

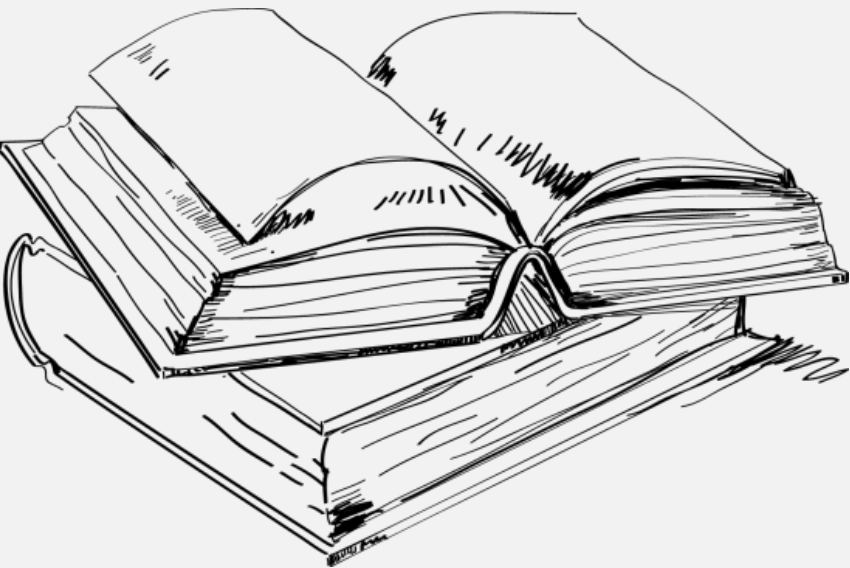
## 研究背景



=



目前有关用棕榈油替代鱼油对鱼类抗氧化能力、免疫反应、消化酶活性等的影响的研究较少。因此，本研究的目的是探究用棕榈油替代鱼油对尼罗罗非鱼幼鱼的生长性能、抗氧化能力、免疫应答、血清生化指标、消化酶活性及对海豚链球菌的反应等的影响和确定替代的合适比例。



## 二

## 材料与amp;方法



# 材料与amp;方法

Table 1. Formulation and proximate composition of experimental diets (g/100 g in dry matter).

Ingredient	Dietary Palm oil (PO) replacement level <sup>1</sup>				
	0% PO	25% PO	50% PO	75% PO	100% PO
Fish meal*	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Soybean meal*	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
Wheat meal*	22.50	22.50	22.50	22.50	22.50
Rapeseed meal*	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
Fish oil*	6.00	4.50	3.00	1.50	0.00
Palm oil*	0.00	1.50	3.00	4.50	6.00
Soybean phospholipid*	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
Mineral mix**	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
Vitamin mix***	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> )	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Choline Chloride	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Inositol	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Total	100	100	100	100	100
Proximate composition (%)					
Moisture	10.30	10.53	10.82	10.70	10.50
Protein	33.18	33.15	33.09	33.23	33.17
Lipid	9.82	9.81	9.87	9.88	9.85
Ash	5.25	5.60	5.53	5.40	5.50
Carbohydrate****	41.45	40.91	40.69	40.79	40.98
Estimated energy (kJ/g)	1883.88	1873.49	1870.66	1876.08	1876.74

# 材料与amp;方法



## 饲料制作

通过研磨机将饲料原料研磨成细粉，充分混合，分别加入不同比例的鱼油和棕榈油，用颗粒机制成大小适当的颗粒，在室温下风干后使用。



## 实验用鱼

实验鱼在养殖实验开始前，喂食商业饲料以适应实验条件。试验前24小时饥饿处理然后将体重相似的鱼随机分到15个鱼缸。

(初始体重:  $9.34 \pm 0.02\text{g}$ )

# 材料与amp;方法

**Table 2. Main fatty acid composition (% of total fatty acids) of experimental diets.**

Fatty acid(s)	Dietary Palm oil (PO) replacement level <sup>1</sup>				
	0% PO	25% PO	50% PO	75% PO	100% PO
12:0	0.15±0.00	0.14±0.01	0.12±0.00	0.12±0.01	0.11±0.00
14:0	5.54±0.21	4.52±0.04	3.20±0.05	2.25±0.09	1.27±0.10
16:0	23.88±0.49	25.90±0.08	27.00±0.39	28.06±0.37	29.19±0.27
18:0	5.31±0.04	5.76±0.06	5.43±0.12	5.30±0.13	5.15±0.05
Total SFA	34.88±0.46	36.32±0.83	35.75±0.19	35.73±0.33	37.72±0.72
16:1(n-7)	6.02±0.34	5.23±0.59	3.15±0.04	2.06±0.15	0.89±0.01
18:1(n-9)	23.56±0.68	25.42±0.09	28.40±0.16	31.16±0.20	33.77±0.16
Total MUFA	29.58±0.85	30.65±0.47	31.55±0.77	33.22±0.43	34.66±0.32
18:2(n-6)	20.65±0.77	21.57±0.05	23.07±0.22	23.62±0.32	24.33±0.03
20:4(n-6) ARA	0.56±0.05	0.47±0.03	0.41±0.00	0.25±0.05	0.20±0.02
Total n-6	21.21±0.22	22.04±0.89	23.48±0.33	23.87±0.18	24.53±0.63
18:3(n-3)	5.52±0.23	3.96±0.15	3.98±0.04	3.79±0.09	3.63±0.03
18:4(n-3)	0.32±0.01	0.33±0.00	0.32±0.01	0.30±0.00	0.29±0.01
20:5(n-3) EPA	4.25±0.14	3.19±0.01	2.20±0.06	1.41±0.04	0.62±0.00
22:6(n-3) DHA	5.66±0.35	4.15±0.04	2.85±0.16	1.69±0.02	0.58±0.02
Total n-3	15.75±0.19	11.63±0.57	9.35±0.04	7.19±0.39	5.12±0.31
DHA/EPA	1.33±0.05	1.30±0.21	1.29±0.33	1.19±0.43	0.93±0.05
Total PUFA	34.96±0.18	33.67±0.34	32.83±0.18	31.06±0.09	29.65±0.14
Total SFA/ total PUFA	0.87	1.07	1.08	1.15	1.20
n-3:n-6	0.74	0.52	0.39	0.30	0.20

# 材料与amp;方法



0%PO

25%PO

50%PO

75%PO

100%PO

15个鱼缸，每组3个重复，40条/缸，饲养8周，按各实验组饲料，每天投喂两次。

饲喂时间为8:00和16:00，每天测量水温、溶解氧、pH及亚硝酸盐和氨氮含量。

生长性能和饲料利用率

肌肉和肝脏的脂质含量和脂肪酸组成

消化酶活性、抗氧化性和血清生化指标

血清总蛋白、血清溶菌酶、呼吸暴发活性和抗菌性



实验结果

# 1.生长性能和饲料利用率

Table 3. Growth performance and nutrient utilization of *Oreochromis niloticus* fed experimental diets.

Parameters	Dietary Palm oil (PO) replacement level (%) <sup>1</sup>										P value	r
	0% PO	CV	25% PO	CV	50% PO	CV	75% PO	CV	100% PO	CV		
Initial length(cm)	6.73±0.08	7.84	6.75±0.06	6.49	6.71±0.07	6.61	6.72±0.06	6.14	6.73±0.05	4.95	0.995	0.0316
Initial weight (g)	9.35±0.05	1.02	9.29±0.03	0.66	9.30±0.05	1.01	9.38±0.05	0.98	9.42±0.03	0.66	0.354	0.5761
Final weight (g)	66.34±1.03 <sup>ab</sup>	2.62	62.48±0.91 <sup>a</sup>	3.41	69.85±2.19 <sup>b</sup>	5.44	64.42±1.15 <sup>ab</sup>	2.01	65.05±1.11 <sup>ab</sup>	3.10	0.032	0.7867
WG <sup>2</sup>	56.98±0.96 <sup>ab</sup>	2.95	53.18±1.26 <sup>a</sup>	4.11	60.54±2.14 <sup>b</sup>	6.12	55.04±0.71 <sup>ab</sup>	2.26	55.63±1.17 <sup>ab</sup>	3.65	0.030	0.7914
FI (g) <sup>3</sup>	76.74±0.21	0.49	76.27±0.26	0.61	77.64±0.26	0.59	76.69±0.39	0.88	77.19±0.35	0.79	0.076	0.7348
FCR <sup>4</sup>	1.34±0.02	2.59	1.43±0.03	4.81	1.28±0.03	5.38	1.39±0.02	2.91	1.38±0.03	4.32	0.070	0.7404
SR (%) <sup>5</sup>	100.00±0.00	0.00	100.00±0.00	0.00	100.00±0.00	0.00	100.00±0.00	0.00	100.00±0.00	0.00	N/A	N/A
C <sup>6</sup>	2.14 ±0.06	5.65	1.99 ±0.06	5.49	2.16 ±0.06	4.82	2.07 ±0.06	5.33	2.02 ±0.04	3.82	0.278	0.6102

## 2. 肝脏脂肪酸组成及脂质含量测定

Table 4. Lipid and fatty acid composition (% of total fatty acids) in liver of *Oreochromis niloticus* juvenile fed experimental diets.

Fatty acid(s)	Dietary Palm oil (PO) replacement level (%) <sup>1</sup>											
	0% PO	CV	25% PO	CV	50% PO	CV	75% PO	CV	100% PO	CV	p-value	r
Lipid	7.48±0.86	17.64	7.63±0.43	13.98	8.46±0.59	17.13	8.61±0.78	22.46	9.06±0.41	11.15	0.1065	0.5043
<b>18:2(n-6)</b>	9.64±0.00 <sup>a</sup>	0.07	10.60±0.14 <sup>b</sup>	1.78	12.04±0.39 <sup>b</sup>	5.70	14.13±0.17 <sup>c</sup>	1.77	14.56±0.67 <sup>c</sup>	7.98	0.0001	0.9637
18:3(n-3)	0.91±0.02	4.42	0.98±0.01	1.88	0.96±0.15	27.80	1.00±0.49	27.41	1.15±0.00	1.13	0.8624	0.3672
<b>20:4(n-3)</b>	0.96±0.01 <sup>b</sup>	5.12	0.77±0.15 <sup>b</sup>	20.00	0.91±0.01 <sup>b</sup>	10.99	0.38±0.00 <sup>a</sup>	3.01	0.29±0.01 <sup>a</sup>	8.14	0.0017	0.9666
20:4(n-6)	0.98±0.02	4.53	0.68±0.03	16.54	0.72±0.01	4.34	1.00±0.21	14.32	0.87±0.01	2.72	0.4513	0.4513
<b>20:5(n-3)</b>	1.06±0.02 <sup>b</sup>	4.80	0.58±0.15 <sup>ab</sup>	5.57	0.20±0.03 <sup>a</sup>	8.41	0.27±0.03 <sup>a</sup>	18.7	0.13±0.00 <sup>a</sup>	8.65	0.0014	0.9304
<b>22:6(n-3)</b>	6.35±0.18 <sup>c</sup>	5.06	5.85±0.31 <sup>c</sup>	7.57	4.33±0.09 <sup>b</sup>	3.70	1.47±0.19 <sup>a</sup>	18.84	0.85±0.02 <sup>a</sup>	5.34	0.0001	0.9959
<b>Σ SFA</b>	37.18±0.46 <sup>a</sup>	0.05	37.76±0.83 <sup>b</sup>	0.61	38.25±0.19 <sup>c</sup>	0.05	39.57±0.33 <sup>d</sup>	1.46	39.70±0.72 <sup>e</sup>	1.28	0.0056	0.9593
<b>Σ MUFA</b>	38.98±0.85 <sup>a</sup>	2.57	39.79±0.47 <sup>b</sup>	2.06	42.14±0.77 <sup>c</sup>	0.86	42.42±0.43 <sup>d</sup>	0.95	43.55±0.32 <sup>e</sup>	1.87	0.0001	0.9456
<b>Total PUFA</b>	23.27±0.20 <sup>c</sup>	1.58	21.48±0.46 <sup>bc</sup>	2.81	20.86±0.43 <sup>b</sup>	3.63	19.17±0.43 <sup>ab</sup>	3.19	18.50±0.70 <sup>a</sup>	6.59	0.0007	0.9419
<b>Σ n-3</b>	10.16±0.22 <sup>e</sup>	3.12	8.81±0.89 <sup>d</sup>	2.44	6.88±0.33	2.94	3.65±0.18 <sup>b</sup>	11.57	2.77±0.63 <sup>a</sup>	3.30	0.0001	0.9975
<b>Σ n-6</b>	13.10±0.02 <sup>ab</sup>	0.31	12.66±0.21 <sup>a</sup>	2.62	13.98±0.36 <sup>abc</sup>	4.52	15.52±0.13 <sup>bc</sup>	1.22	15.73±0.68 <sup>c</sup>	7.59	0.0033	0.9129
<b>n-3:n-6</b>	0.77±0.04 <sup>c</sup>	7.90	0.69±0.02 <sup>c</sup>	6.26	0.49±0.01 <sup>b</sup>	6.12	0.24±0.01 <sup>a</sup>	9.49	0.18±0.00 <sup>a</sup>	3.09	0.0058	0.9915



## 2. 肌肉脂肪酸组成及脂质含量测定

Table 5. Lipid and fatty acid composition (% of total fatty acids) in muscle of *Oreochromis niloticus* juvenile fed experimental diets.

Fatty acids	Dietary Palm oil (PO) replacement level (%) <sup>1</sup>											
	0% PO	CV	25% PO	CV	50% PO	CV	75% PO	CV	100% PO	CV	p-value	r
Lipid	9.48±0.12	15.8	9.82±0.38	1.94	9.54±0.05	1.09	9.89±0.74	2.71	9.15±0.08	7.86	0.6681	0.3714
18:2(n-6)	10.59±0.43 <sup>ab</sup>	7.04	12.48±0.61 <sup>b</sup>	8.50	10.36±0.19 <sup>a</sup>	3.19	10.30±0.21 <sup>a</sup>	3.66	10.99±0.43 <sup>ab</sup>	6.94	0.0021	0.8120
18:3(n-3)	0.50±0.04 <sup>a</sup>	14.00	0.81±0.00 <sup>ab</sup>	0.72	1.06±0.11 <sup>bc</sup>	18.58	1.22±0.03 <sup>c</sup>	4.35	1.16±0.09 <sup>c</sup>	14.20	0.0041	0.9370
20:4(n-3)	0.54±0.01 <sup>ab</sup>	4.60	0.52±0.03 <sup>a</sup>	10.46	0.58±0.02 <sup>ab</sup>	8.58	0.58±0.02 <sup>ab</sup>	5.92	0.65±0.02 <sup>b</sup>	5.55	0.0229	0.7805
20:4(n-6)	1.62±0.13 <sup>d</sup>	13.88	1.2±0.07 <sup>c</sup>	10.83	0.68±0.01 <sup>b</sup>	4.41	0.50±0.04 <sup>ab</sup>	15.95	0.26±0.00 <sup>a</sup>	4.00	0.0027	0.9803
20:5(n-3)	0.97±0.03 <sup>c</sup>	6.0	0.84±0.07 <sup>bc</sup>	14.67	0.77±0.10 <sup>abc</sup>	22.63	0.56±0.05 <sup>ab</sup>	15.57	0.47±0.02 <sup>a</sup>	7.42	0.0018	0.9026
22:6(n-3)	4.80±0.07 <sup>c</sup>	2.76	4.32±0.03 <sup>c</sup>	1.39	4.09±0.26 <sup>c</sup>	11.13	2.46±0.18 <sup>b</sup>	13.90	1.57±0.06 <sup>a</sup>	6.99	0.0006	0.9845
ΣSFA's	35.23±0.13 <sup>a</sup>	0.65	35.60±0.34 <sup>a</sup>	1.67	40.06±0.34 <sup>b</sup>	1.49	40.68±0.35 <sup>b</sup>	1.53	40.75±0.19 <sup>b</sup>	0.73	0.0345	0.9869
Σ MUFAs	43.84±0.12	0.50	43.29±0.05	0.23	43.62±0.89	3.57	45.02±0.25	1.00	44.18±0.40	1.57	0.6738	0.6738
Total PUFAs	20.63±0.38 <sup>cd</sup>	3.24	21.63±0.58 <sup>d</sup>	4.65	18.69±0.43 <sup>bc</sup>	4.01	16.62±0.50 <sup>ab</sup>	5.23	15.80±0.50 <sup>a</sup>	5.54	0.0001	0.9559
Σ n-3	7.59±0.03 <sup>c</sup>	0.90	7.17±0.13 <sup>c</sup>	3.21	7.06±0.36 <sup>c</sup>	8.63	5.37±0.08 <sup>b</sup>	5.73	4.18±0.07 <sup>a</sup>	4.50	0.0002	0.9808
Σ n-6	13.04±0.38 <sup>b</sup>	5.11	14.46±0.70 <sup>c</sup>	8.47	11.62±0.15 <sup>ab</sup>	2.31	11.25±0.24 <sup>ab</sup>	3.84	11.61±0.43 <sup>a</sup>	6.65	0.0401	0.8910
n-3:n-6	0.58±0.01 <sup>cd</sup>	2.99	0.49±0.03 <sup>bc</sup>	3.10	0.60±0.02 <sup>d</sup>	5.82	0.47±0.01 <sup>b</sup>	4.84	0.36±0.00 <sup>a</sup>	2.09	0.0366	0.9479

### 3.前肠、中肠和后肠的消化酶活性测定

Table 6. Specific digestive enzyme activities ( $\text{mU g}^{-1}\text{protein}$ ) in anterior intestine (AI), mid intestine (MI) and posterior intestine (PI) of *Oreochromis niloticus* fed experimental diets.

Enzymes	Sections	Dietary Palm oil (PO) replacement level (%) <sup>1</sup>											
		0% PO	CV	25% PO	CV	50% PO	CV	75% PO	CV	100% PO	CV	p-value	r
Amylase	AI	0.31±0.007 <sup>b</sup>	6.93	0.25±0.001 <sup>a</sup>	1.30	0.32±0.005 <sup>b</sup>	4.95	0.25±0.004 <sup>a</sup>	5.44	0.26±0.001 <sup>a</sup>	3.25	0.0001	0.8619
	MI	0.28±0.006 <sup>b</sup>	15.33	0.24±0.006 <sup>a</sup>	7.75	0.32±0.005 <sup>b</sup>	5.31	0.28±0.002 <sup>ab</sup>	2.94	0.24±0.002 <sup>a</sup>	3.00	0.0001	0.5181
	PI	0.29±0.004 <sup>c</sup>	4.91	0.22±0.002 <sup>a</sup>	2.69	0.30±0.000 <sup>c</sup>	0.94	0.29±0.008 <sup>c</sup>	8.54	0.25±0.003 <sup>b</sup>	3.60	0.0001	0.9149
Lipase	AI	158.10±2.56 <sup>a</sup>	20.75	257.67±2.28 <sup>b</sup>	12.23	428.89±2.16 <sup>c</sup>	3.31	419.57±13.02 <sup>c</sup>	2.89	613.66±2.54 <sup>d</sup>	2.48	0.0001	0.9928
	MI	133.86±3.08 <sup>a</sup>	32.24	185.78±3.66 <sup>a</sup>	9.16	444.05±2.81 <sup>b</sup>	1.75	424.20±2.10 <sup>b</sup>	1.01	588.49±4.73 <sup>b</sup>	0.88	0.0001	0.9577
	PI	124.88±7.28 <sup>a</sup>	7.79	157.65±10.19 <sup>a</sup>	19.72	392.71±12.32 <sup>b</sup>	5.76	396.67±7.99 <sup>b</sup>	3.42	690.52±10.82 <sup>c</sup>	1.39	0.0001	0.9975
Protease	AI	459.6±52.52	25.56	305.0±29.39	21.55	460.7±55.96	27.16	359.69±69.07	42.96	381.1±30.32	17.79	0.1665	0.5155
	MI	448.4±69.99	38.23	378.1±40.77	26.41	487.7±54.66	27.46	419.0±44.84	26.21	421.8±62.03	36.02	0.7140	0.2798
	PI	428.8±79.36	20.48	354.4±45.69	31.58	459.2±69.84	37.26	385.2±75.25	47.84	391.4±25.30	15.83	0.7902	0.2518

### 3.血清生化指标测定

Table 7. Serum biochemical indices of *Oreochromis niloticus* fed experimental diets.

Parameters	Dietary Palm oil (PO) replacement level (%) <sup>1</sup>											
	0% PO	CV	25% PO	CV	50% PO	CV	75% PO	CV	100% PO	CV	P- value	r
TC (mmol L <sup>-1</sup> ) <sup>2</sup>	3.51±0.16	10.68	3.52±0.07	4.59	3.75±0.24	14.34	3.89±0.30	17.56	3.99±0.05	3.33	0.335	0.4415
<b>TAG (mmol L<sup>-1</sup>)<sup>3</sup></b>	3.26±0.23 <sup>a</sup>	16.19	4.03±0.03 <sup>ab</sup>	1.67	4.76±0.17 <sup>bc</sup>	8.20	5.16±0.43 <sup>bc</sup>	19.03	5.57±0.40 <sup>c</sup>	16.32	0.000	0.8089
HDL-C (mmol L <sup>-1</sup> ) <sup>4</sup>	2.32±0.33	19.07	2.30±0.27	5.21	2.40±0.13	12.22	2.19±0.15	15.54	1.60±0.07	5.63	0.253	0.6898
<b>LDL-C (mmol L<sup>-1</sup>)<sup>5</sup></b>	0.27±0.02 <sup>a</sup>	18.09	0.30±0.2 <sup>ab</sup>	23.09	0.32±0.02 <sup>ab</sup>	20.04	0.42±0.04 <sup>b</sup>	22.32	0.43±0.01 <sup>b</sup>	4.65	0.007	0.7158
<b>HDL-C/LDL-C</b>	8.41±1.30 <sup>b</sup>	13.69	8.28±1.88 <sup>b</sup>	20.73	7.72±1.06 <sup>b</sup>	20.90	5.42±0.69 <sup>ab</sup>	20.45	3.78±0.07 <sup>a</sup>	3.35	0.008	0.7340
<b>AST (UL<sup>-1</sup>)<sup>6</sup></b>	17.50±1.83 <sup>a</sup>	13.40	20.86±1.69 <sup>ab</sup>	14.10	24.58±1.86 <sup>ab</sup>	14.28	23.72±1.46 <sup>ab</sup>	23.20	39.02±1.05 <sup>b</sup>	16.20	0.029	0.6364
<b>ALP (UL<sup>-1</sup>)<sup>7</sup></b>	17.21±1.23 <sup>a</sup>	16.08	30.09±1.78 <sup>b</sup>	9.59	32.99±1.07 <sup>b</sup>	16.00	33.30±1.9 <sup>b</sup>	6.38	46.85±1.98 <sup>c</sup>	7.35	0.0001	0.8594
GPT (UL <sup>-1</sup> ) <sup>8</sup>	156.8±8.42	22.87	163.6±6.84	23.09	166.6±7.00	25.25	173.3±9.40	21.90	176.0±6.66	9.95	0.427	0.3391
GOT (UL <sup>-1</sup> ) <sup>9</sup>	2.97±0.18	16.56	3.17±0.19	16.42	3.12±0.22	18.87	3.47±0.23	17.50	3.43±0.20	15.48	0.393	0.3518

### 3. 抗氧化性測定

Table 9. Effects of dietary PO inclusion on antioxidants of Nile tilapia fed experimental diets for 8 weeks.

Parameters	Dietary Palm oil (PO) replacement level (%) <sup>1</sup>											
	0% PO	CV	25% PO	CV	50% PO	CV	75% PO	CV	100% PO	CV	P value	r
GR(U/L) <sup>2</sup>	383.5±17.86 <sup>b</sup>	11.40	382.9±16.69 <sup>b</sup>	10.68	365.7±27.45 <sup>b</sup>	18.39	230.1±30 <sup>a</sup>	18.42	202.2±18.78 <sup>a</sup>	22.76	0.0001	0.8720
TAC (U/L) <sup>3</sup>	50.73±2.40 <sup>c</sup>	11.63	33.61±2.33 <sup>b</sup>	16.98	28.06±2.26 <sup>ab</sup>	19.77	22.79±3.00 <sup>a</sup>	12.27	20.00±0.70 <sup>a</sup>	8.58	0.0001	0.9060
MDA (nmol/ml) <sup>4</sup>	5.12±0.32 <sup>b</sup>	15.71	4.35±0.40 <sup>b</sup>	22.80	4.14±0.26 <sup>ab</sup>	15.39	4.04±0.50 <sup>ab</sup>	20.42	2.70±0.16 <sup>a</sup>	15.35	0.0014	0.7042
GST (U/L) <sup>5</sup>	277.6±25.92 <sup>a</sup>	22.87	292.3±27.55 <sup>ab</sup>	23.09	424.2±43.73 <sup>bc</sup>	25.25	452.0±40.40 <sup>c</sup>	21.90	479.8±19.49 <sup>c</sup>	9.95	0.0002	0.7533
CAT (U/L) <sup>6</sup>	1.38±0.05	5.12	1.28±0.08	8.84	1.27±0.06	6.68	1.26±0.08	8.98	1.22±0.04	4.64	0.5460	0.6381
SOD (U/L) <sup>7</sup>	22.72±1.45	9.03	20.23±0.97	6.78	19.72±1.43	10.26	21.42±1.11	7.33	21.12±1.38	9.24	0.5657	0.6285
GSHpx (U/L) <sup>8</sup>	40.51±3.81	23.08	36.99±5.71	17.87	35.10±3.82	16.71	28.50±3.41	19.32	30.54±3.86	21.03	0.2862	0.4189

## 4.血清总蛋白、血清溶菌酶活性、呼吸暴发活性和抗菌性测定

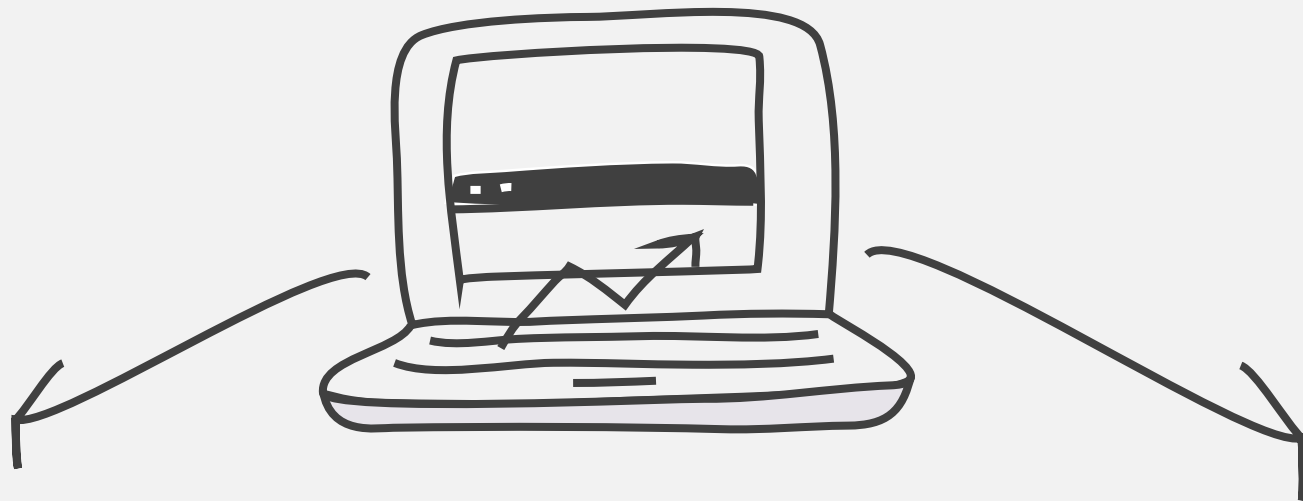
Table 8. Effects of dietary PO inclusion on serum lysozyme activity, total protein and respiratory burst of *Oreochromis niloticus* fed experimental diets.

Parameters	Dietary Palm oil (PO) replacement level (%) <sup>1</sup>											
	0% PO	CV	25% PO	CV	50% PO	CV	75% PO	CV	100% PO	CV	P value	r
Lys (Uml <sup>-1</sup> ) <sup>2</sup>	184.8±13.92	19.93	172.0±14.61	22.48	159.7±12.40	20.55	177.6±11.63	17.33	161.5±11.68	19.13	0.6086	0.2890
<b>TP (mmol L<sup>-1</sup>)<sup>3</sup></b>	30.72±1.05 <sup>a</sup>	7.66	35.32±1.19 <sup>ab</sup>	7.58	36.81±1.85 <sup>b</sup>	18.25	36.87±0.81 <sup>b</sup>	4.92	35.10±1.05 <sup>ab</sup>	6.72	0.014	0.6697
<b>RB (540nm)<sup>4</sup></b>	12.10±0.40 <sup>a</sup>	6.67	12.43±0.23 <sup>ab</sup>	6.89	12.61±0.19 <sup>ab</sup>	4.64	14.61±0.21 <sup>bc</sup>	3.15	16.18±0.29 <sup>c</sup>	3.27	0.0009	0.9063

Table 10. Effects of replacing FO with PO on post-challenge mortality of *Oreochromis niloticus* after infection with *Streptococcus iniae*.

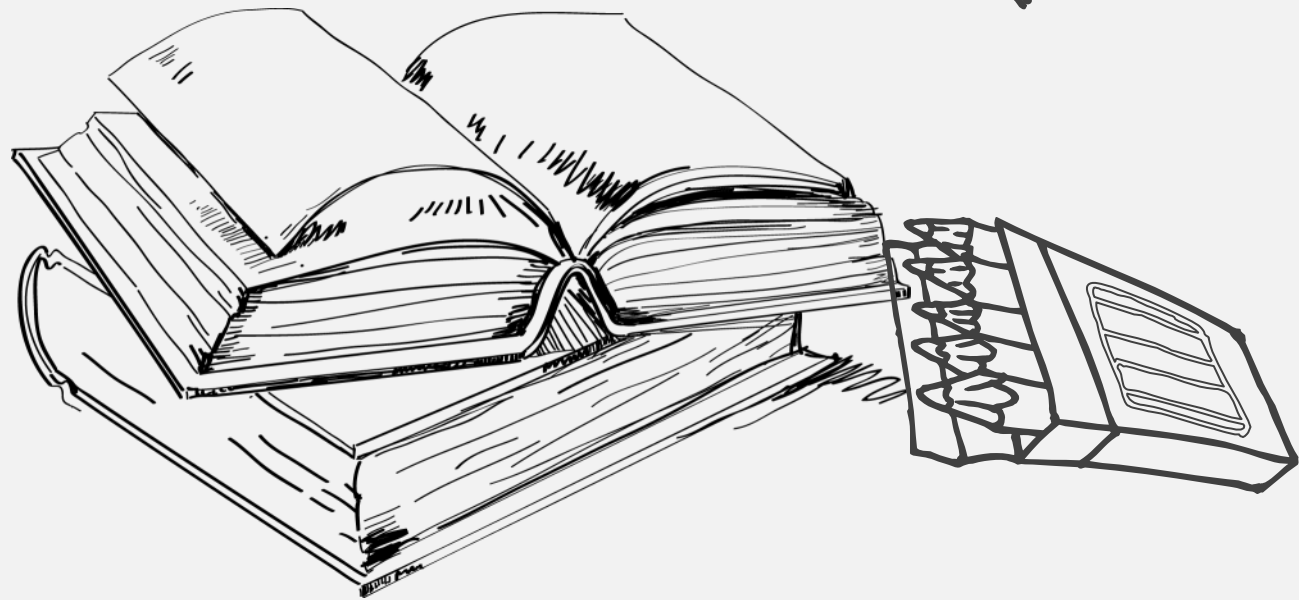
0% PO	Dietary Palm oil (PO) replacement level (%) <sup>1</sup>											
	CV	25% PO	CV	50% PO	CV	75% PO	CV	100% PO	CV	p-value	r	
36.67±3.33	15.75	43.33±6.66	26.65	60.00±5.77	16.67	40.00±10.00	43.43	63.33±6.66	18.23	0.06	0.6971	

## 四. 结论与分析



1. 用棕榈油替代鱼油，对尼罗罗非鱼幼鱼的生长性能和饲料利用率没有负面影响。

2. 为了保证鱼体健康，尼罗罗非鱼幼鱼饲料中棕榈油替代鱼油的比例不宜超过50%。



**敬请各位老师同学批评指正!**