



Future of Fish Feed

F3 饲用诱食剂（“磷虾替代”）挑战赛

参赛者资料包

本资料包提供了有关 F3 饲用诱食剂磷虾替代挑战赛的信息，包括挑战赛的试验方法和参赛者的获胜者确定指南。有关资格标准的更多细节，请参阅 F3 挑战赛网站（F3Challenge.org）上的《F3 饲用诱食剂或磷虾替代挑战赛官方规则》。

挑战赛概述

本次 F3 挑战赛的目标是创造一种磷虾在水产饲料中的替代品。磷虾是水产饲料中的一种流行成分，它通常被用作诱食剂、适口剂，并具有较高的营养价值。然而，对这种位于食物链底部的关键生物的错误管理可能会导致野生生态系统、商业捕捞和水产养殖的灾难性后果。鼓励使用磷虾的替代品可以减少对野生渔业资源的需求，并为全球粮食安全的未来提供保障。通过使用比野生捕捞成分更可持续的替代品，水产饲料行业将有更多可选的道路，使供应链更加健全，助力水产养殖业更可持续发展。

背景介绍

本次挑战赛把目标锁定了对饲料极为挑剔的养殖物种大西洋鲑鱼。为满足这一要求，F3 团队对大西洋鲑进行了初步的比较性投饲研究，以确定挑战赛的可行性。本次比赛的可行性需满足两个先决条件：

1. 一种含有磷虾的植物性饲料（阳性对照），性能与鱼粉对照一样好。
2. 不含磷虾的以植物为基础的饲料的表现不如上述两个对照组好。

如果这两个先决条件得到满足，则可以得出一个明确的基础饲料，我们可以在该基础饲料上添加不同的参赛者的磷虾替代品，以便每个参赛饲料的性能可以相互比较，并与对照组进行比较。

这项比较饲养试验表明，挑战赛是可行的。该试验的结果、方法和实验设计见《附录 A：总结--F3 大西洋鲑鱼试验》。

饲料可制造性要求

在报名参加挑战赛或寄送诱食剂产品（或 F3 磷虾替代品）参赛之前，参赛者需要核实其产品不仅符合挑战赛规则中的要求，而且可以运输、储存，并可采用本节所述的工艺制造成饲料。

运输和储存：参赛者有责任确保参赛产品能够经受住运输并完好无损地到达。通常情况下，如果饲料产品存放在凉爽、干燥的地方，最好低于 25°C（77°F），并避开阳光和雨水的照射，应可保存一年。挑战赛东道主的储存能力详见下文。

- 干燥储存
- 冷藏室保持在-20°C
- 冰箱保持在-2 至-8°C

如果参赛者有任何额外的存储要求，请联系 f3krillreplacement@gmail.com，以确定挑战赛主办方是否能在现场满足特殊的存储要求。只有在挑战赛主办方确认可以满足任何特殊存储要求后，参赛者才可以进行挑战赛注册、邮寄其产品和发送存储说明。参赛者应通过电子邮件（f3krillreplacement@gmail.com）与 F3 团队分享储存说明。

安全性：参赛者有责任将任何与产品的安全处理和制造产品有关的说明随同 F3 磷虾替代样品一起提交，同时也发送到 f3krillreplacement@gmail.com。

可制造性：F3 磷虾替代品需要很容易被纳入到饲料生产过程中，以根据以下过程制造实验饲料：

挑战赛的所有实验饲料将利用布拉本德双螺杆挤出机（Brabender twin-screw extruder）进行挤压，在挤压过程后对脂质成分进行真空涂层，其中成分将在 120°C 下经受<15 分钟的时间/温度制度。因此，候选的磷虾替代品必须能够承受以下两种条件之一：

1. 如果该产品是热稳定的，能够承受上述时间/温度制度，那么它将与其余的原料一起被“捣碎”，并在饲料制造过程中进行锤磨步骤。这个过程在饲料挤压前将所有原料研磨到合适的、一致的饲料大小。虽然锤磨过程中产生的热量没有饲料挤压过程中的热量高，但每个参赛者必须确定他们的产品是否会受到锤磨过程的伤害和/或改变，这可能会影响其产品功效的潜在影响。
2. 如果产品不具有热稳定性，不能承受上述的挤压时间/温度制度，那么参赛者必须以研磨到小于 500 微米的形式提供他们的产品，而且必须是脂溶性的，以便它可以在挤压后应用于菜籽油和海藻油的饲料表层（从而跳过挤压的时间/温度制度）。如果产品不是脂溶性的，那么我们将不得不把产品（同样，研磨到<500 微米）涂在水溶性载体上，最可能的是用粘合剂，以确保完全粘附在饲料饲料上。以及，一旦饲料进入水中，为尽量减少产品在被鱼摄取之前渗出的可能性，用适当水平的油菜籽油和海藻油涂在饲料颗粒上，以最终完成饲料制造过程。

注意：如果 F3 磷虾替代品被证明无法在饲料制造过程中融入，饲料制造商有权力接受或拒绝该产品。如果 F3 磷虾替代品的相应饲料无法制造，将会告知无法加入的原因。

挑战赛物流

参赛者将在挑战赛规则规定的截止日期前，把 F3 磷虾替代品寄给挑战赛规则中指定的 F3 代表，或按照 F3 团队的指示。F3 代表将对参赛者的 F3 磷虾替代品进行重新包装并贴上盲标，将 F3 磷虾替代品寄给挑战赛主办方，并创建一个密钥，以便与 F3 管理部门共享物流，但不与 F3 评委共享。

挑战赛主办方将按照下文的规定，在 F3 植物性饮食中加入 F3 磷虾替代产品，形成实验饲料。

所有产品都将由 F3 代表贴上盲标，因此，在挑战赛进行期间，制作饲料和进行实验的挑战赛主持人和 F3 评委都不知道 F3 磷虾替代品的身份。实验设计和方法说明如下。

方法与实验设计

挑战赛主持人将负责与 F3 小组、评委和科学评审委员会协商，妥善进行试验。试验将包括最多十二组实验：两个对照组和最多十个参赛者实验饲料。如果有四个或更少的合格参赛者，那么将进行一次试验。如果有超过四个合格的参赛者，那么将进行第二次试验。

所有的实验方法均为在四个重复罐中喂养大西洋鲑，为期 12 周，或在两个重复罐中喂养 12 周，然后再在另两个重复罐中进行第二次 12 周的试验。在整个试验过程中，将测量体重增加、存活率和饲料转化率。实验方法包括以下标签和成分：

控制组：

1. 磷虾阴性对照（KNeg）= F3 植物性饲料* + 0%磷虾（添加 5%小麦粉）
2. 磷虾阳性对照（KPos）= F3 植物性饲料* + 5%磷虾

*F3（无鱼饲料）植物性饲料包括 6%的家禽血粉作为必需氨基酸来源。F3 团队将“基于植物”定义为主要由植物材料组成，包括少量的（非海洋性）动物蛋白。

实验组，实验饲料均以参赛者 F3 磷虾替代品为基础：

F3 植物性饲料*+最多 5%参赛者提供的 F3 磷虾替代品。如果参赛者要求包含 <5%的 F3 磷虾替代品，F3 首席科学官将与参赛者和饲料制造商协商，以确定如何弥补剩余的成分，比较可能是使用小麦粉来填补空缺。实验饲料的配方如下。

成分（%）	实验饲料
磷虾粉	0
F3 磷虾替代产品*	5
Menon 公司 Pro50FF 原料	13
大豆蛋白浓缩物 Selecta 60	27.1
玉米蛋白浓缩物 E 75	7.7
血粉	6
小麦面筋粉	2.15
小麦粉	11.34
菜籽油	16.95
海藻油	4.5
磷酸一铵	3.25
维生素矿物质预混料	1.7
赖氨酸盐酸（Lysine HCl）	1.2
牛磺酸	0.5
DL-蛋氨酸	0.65
苏氨酸（Threonine）	0.16
虾青素，粉红色	0.006

所有的饲料实验都将采用相同的方案，包括喂养制度、水质监测、生长和生存测量。挑战赛的方案和生长条件将类似于《附录 A：总结：F3 大西洋鲑鱼试验》中描述的那些试验。挑战赛将严格遵循《附录 A：总结：F3 大西洋鲑鱼试验》中的详细饮食配方。表现最好的参赛者将按以下获胜标准部分的规定获胜者。

获胜标准

奖金将颁发给在挑战赛期间根据统计学上的差异表现出最佳“性能”的 F3 磷虾替代品的参赛者。“性能”是指在挑战赛期间观察到的增重、饲料转化率和存活率的组合。衡量性能的方法是使用以下指标评估各实验之间的统计差异，而不是数字差异：

- a. **重量增加：**所有实验用鱼将有一个没有统计学差异的初始重量。¹鱼类的增重将以相对于磷虾阳性组的增重百分比来表示，例如：KPos 的 90%，KPos 的 110%。

增重被定义为动物初始体重的增长百分比。

鱼类生物量增加最多的实验组较有可能获胜。任何死亡事件都会被计入这个方法中。

- b. **饲料转化率和存活率：**如果在统计学上出现增重相同的情况，挑战赛评委将根据最佳（最低）饲料转化率（FCR）和（最高）存活率的因素选出获胜者。

$$\text{饲料转化率 (FCR)} = \frac{\text{饲料摄入总重量 (g)}}{\text{体重总增量 (g)}} \times 100\%$$

统计分析：

- a. 所有的试验饲料将使用单因素方差分析与 KPos 进行比较，以找出候选饲料中的最佳增重。明显不同和较差的表现会被淘汰。然后，如果前 2-3 个表现者之间有重叠，会淘汰明显不同和较差的表现者，并在缩小范围后的饲料实验组和 Kpos 之间重新进行增重比较。如果仍有重叠，则用 FCR 作为反应，重新比较缩小范围后的小组与 Kpos。
- b. 另外两种饲料配方，FM 控制组和 KNeg 将作为额外的对照组。
- c. 在所有情况下都将采用 Sidaks 或 Tukey 的多重比较方法。

如果仍然存在平局，奖金将由获胜者们平分。

有关 F3 磷虾替代品挑战赛的问题，请访问我们的网站（f3challenge.org）或联系 F3 团队，f3krillreplacement@gmail.com。

1

https://journals.lww.com/jbjsjournal/Citation/2012/03070/_Not_Statistically_Different__Does_Not_Necessarily.13.aspx#:~:text=The%20Orthopaedic%20Forum-,%E2%80%9CNot%20Statistically%20Different%E2%80%9D%20Does%20Not%20Necessarily%20Mean%20%E2%80%9Cthe%20Same,Between%20Difference%20and%20Equivalence%20Studies&text=Researchers%20often%20want%20to%20evaluate,equivalent%20to%20an%20existing%20treatment.

附录 A：总结：F3 大西洋鲑鱼试验

2022 年 6 月 4 日至 9 月 1 日

目标

评估是否可以根据大西洋鲑鱼（*Salmo salar*）在 90 天的饲养期间的表现来设计磷虾替代挑战。

方法与实验设计

本试验在某鲑鱼养殖的商业研究机构开展。在试验初始时，60 条初始重量约为 148.4 克±12.9 克，状态指数大于或等于 1.2 的鱼被随机分配到每个 500 升的鱼缸中。每个实验组包括四个随机分布的水箱。

在开始试验之前，鱼经过了 10 天的适应期。适应期开始时，所有鱼缸都禁食 24 小时，剩余的时间里用商业饲料投喂大西洋鲑鱼。适应期结束后，在第二个 24 小时禁食期后，开始喂食实验饲料。自动喂食器被设定为 14 小时的周期，每 6-8 分钟有 3-4 秒的脉冲，每天两次回收未消耗的饲料并称重以估算饲料消耗率。

在试验开始和结束时对每条鱼的长度和重量进行了测量。在试验开始和结束时，也开展了鱼的近似分析。在试验中期（第 40 天）和禁食后，通过体积采样对每个鱼缸的平均鱼重进行了量化。

生长条件

水流	水的更新率为每小时 1-1.5 次。系统以 30%的淡水输入和 70%的重复使用来运行。海水来自 Quillaípe 湾，使用 60 微米的旋转过滤器过滤，并用紫外线消毒。
光照制度	24 小时
初始培养密度	17.88 kg/m ³
平均水温	11.6 °C
平均氧饱和度	102%
盐度	32‰

实验饲料（4 毫米的颗粒物）

成分（%）	饲料 1 调频 （FMFO 控制）	饲料 2 KNEG （磷虾阴性对照）	饲料 3 KPOS （磷虾阳性对照）
鱼粉	25.27	0	0
禽肉粉	0	0	0
磷虾粉	0	0	5
Menon 公司 Pro50FF 原料	13	13	13
大豆蛋白浓缩物 Selecta 60	11.88	27.1	27.1
玉米蛋白浓缩物 E75	1.87	11.9	7.7
血粉	6	6	6
小麦面筋粉	2.15	2.15	2.15
小麦粉	15.944	10.004	11.134
鱼油	19.79	0	0
菜籽油	0	17.7	16.95
海藻油	0	4.5	4.5
磷酸一铵	1.85	4.3	3.25
维生素矿物质预混料	0.7	0.7	0.7
赖氨酸盐酸（Lysine HCl）	0.65	1.45	1.2
牛磺酸	0.5	0.5	0.5
DL-蛋氨酸	0.39	0.6	0.65
苏氨酸（Threonine）	0	0.09	0.16
虾青素，粉红色	0.006	0.006	0.006

性能指数

- 存活率

$$\text{存活率（\%）} = \frac{\text{鱼的初始数量} - \text{鱼的收获数量}}{\text{鱼的初始数量}} \times 100\%$$

- 体重增加

$$\text{体重增加比例 (PWG)} = \frac{\text{最终体重 (g)} - \text{初始体重 (g)}}{\text{初始体重 (g)}} \times 100\%$$

- 具体生长速率（注意：在 F3 磷虾替代试验中，将测量相对增重，而不是具体的生长速度）

$$\text{具体生长速率 (SGR\%)} = \frac{\log \text{最终体重 (g)} - \log \text{初始体重 (g)}}{\text{天数}} \times 100\%$$

- 饲料转化率

$$\text{饲料转化率 (FCR)} = \frac{\text{饲料摄入总重量 (g)}}{\text{体重总增量 (g)}} \times 100\%$$

- 条件系数 (K)

$$\text{条件系数 (K)} = \frac{\text{最终体重 (g)}}{\text{最终长度}^3 \text{ (cm)}} \times 100\%$$

- 具体喂养率 (SFR)

$$\text{具体喂养率 (SFR)} = \frac{\text{投喂饲料 (g)}}{\text{鱼的平均体重 (g)} \times \text{天数}} \times 100\%$$

实验分析

注意：对试验中的所有实验组都进行了以下测试。对于 F3 磷虾替代品挑战赛，在试验结束时将对所有饮食进行过氧化值测试，以确保没有发生酸败。

- 饲料分析
 - 近似成分
 - 氨基酸概况
 - 过氧化值
- 鱼类分析
 - 近似成分

结果

饲料的近似值分析

饮食	水分 (%)	脂质 (%)	灰分 (%)	蛋白质 (%)	过氧化值指数 (T1)
饲料 1	4.9	22.9	7.7	46.0	检测到 (<2)
饲料 2	6.1	21.7	6.1	46.4	检测到 (<2)
饲料 3	3.3	23.1	6.2	46.0	检测到 (<2)

饲料中的氨基酸分析

氨基酸（克/100 克）	饲料 1	饲料 2	饲料 3
天冬氨酸	4.12	3.55	3.63
谷氨酸	6.86	6.78	6.57
丙氨酸	2.58	2.23	2.13
精氨酸	2.39	2.07	2.05
苯丙氨酸	2.06	2.06	2
甘氨酸	2.29	1.56	1.58
羟脯氨酸	0.247	<0.2（LOQ）	<0.2（LOQ）
组氨酸	1.47	1.18	1.13
异亮氨酸	1.6	1.32	1.39
亮氨酸	3.68	3.87	3.65
赖氨酸	3.67	3.16	3.19
鸟氨酸	<0.05（LOQ）	<0.05（LOQ）	<0.05（LOQ）
脯氨酸	2.22	2.21	2.16
丝氨酸	1.9	1.84	1.81
酪氨酸	1.31	1.29	1.27
苏氨酸	1.7	1.43	1.55
缬氨酸	2.41	2.03	2.01
色氨酸（总量）	0.537	0.469	0.512
半胱氨酸+胱氨酸	0.585	1.534	0.515
蛋氨酸	1.26	1.21	1.26

鱼类的生产性数据

公制	饲料 1	饲料 2	饲料 3	P 值（*）
初始重量（克）	155.4 ± 0.11	155.5 ± 1.19	154.6 ± 0.89	0.87

最终重量（克）	542.5 ± 3.84	496.9 ± 17.7	549.6 ± 8.95	0.05*
具体生长速率	1.39 ± 0.009	1.29 ± 0.038	1.41 ± 0.018	0.02*
饲料转化率 b	0.803 ± 0.01	0.890 ± 0.036	0.870 ± 0.05	0.01*
具体喂养率	1.12 ± 0.010	1.15 ± 0.015	1.19 ± 0.047	<0.001***
增长（%）	249.0 ± 2.4	219.5 ± 11	241.8 ± 18	0.03*
存活率（%）	100	99.44	100	-

（*） 普通单因素方差分析

鱼类的近似值分析

饮食	蛋白质（%）	脂质（%）	灰分（%）	水分（%）
试用开始样本	19.0	4.6	1.4	74.1
饲料 1（试验结束）	18.7 ± 0.203	11.3 ± 0.282	2.36 ± 0.295	68.5 ± 0.306
饲料 2（试验结束）	18.4 ± 0.404	11.1 ± 0.661	2.42 ± 0.214	68.8 ± 1.06
饲料 3（试验结束）	18.5 ± 0.227	13.1 ± 0.615	2.03 ± 0.05	66.7 ± 0.342