

[19]中华人民共和国专利局

[51]Int.Cl⁶



[12] 发明专利申请公开说明书

A23K 1/14
A23K 1/16 A23K 1/18
A61K 35/78

[21] 申请号 96195702.6

[43]公开日 1998 年 8 月 26 日

[11] 公开号 CN 1191470A

[22]申请日 96.6.14

[30]优先权

[32]95.6.14 [33]GB[31]9512106.7

[86]国际申请 PCT/GB96/01414 96.6.14

[87]国际公布 WO97/00018 英 97.1.3

[85]进入国家阶段日期 98.1.21

[71]申请人 迈特福斯卡挪威食品研究院

地址 挪威奥斯

[72]发明人 埃里克·斯林德 斯蒂芬·沙尔斯特罗姆

雷夫·A·法德尔 阿斯基尔德·霍尔克

格雷特·斯克尔德

[74]专利代理机构 柳沈知识产权律师事务所

代理人 巫肖南

权利要求书 2 页 说明书 12 页 附图页数 0 页

[54]发明名称 动物饲料

[57]摘要

本发明涉及动物饲料，其质量改善，对不良细菌株的抗性增加，并且可消化性增加；也涉及一种制备含有谷物的动物饲料的方法，包括发酵谷物来生产饲料。

权 利 要 求 书

1. 一种动物饲料，其含有发酵谷物和至少一种动物饲料成分。
2. 如权利要求 1 的饲料含有一或多种发酵谷物，这些谷物选自小麦、燕麦、黑麦和大麦。
3. 如权利要求 1 或 2 的饲料，其中所述谷物是燕麦或大麦。
4. 如任何前述权利要求的饲料，其含有一或多种细菌素。
5. 如权利要求 4 的饲料，其细菌素具有抑制病原菌的作用。
6. 如权利要求 5 的饲料，其中所述细菌是一种李斯特氏菌。
7. 如任何前述权利要求的饲料，其中含有一定量的短链(1-3) β -葡聚糖，后者能实现免疫刺激反应。
8. 如任何前述权利要求的饲料，其中含有可消化量的纤维，后者具有降低胆固醇的作用。
9. 如任何前述权利要求的饲料，其以一种挤压的独立单位的形式存在。
10. 一种生产动物饲料的方法，其包括如下步骤：
 - (a)发酵谷物，
 - (b)将发酵过的谷物与至少一种动物饲料混合；并且任选地
 - (c)将该混合物加工成饲料单位。
11. 如权利要求 10 的方法，其中步骤(a)在有乳酸菌存在的条件下进行。
12. 如权利要求 10 或 11 的方法，其中步骤(a)在有乳酸杆菌属细菌存在的条件下进行。
13. 如权利要求 12 的方法，其中乳酸杆菌属细菌是指一种产生细菌素的乳酸杆菌属细菌株。
14. 如权利要求 13 的方法，其中能产生细菌素的乳酸杆菌属菌株是产生 Sakacin A 或 Sakacin P 的乳酸杆菌株系。
15. 如权利要求 10 至 14 中任一项的方法，其中细菌素或能产生细菌素的细菌株在另一步骤中加入。
16. 如权利要求 15 的方法，其中细菌素在步骤(c)之前或之后加入到混合物中。
17. 如权利要求 13 至 16 中任一项的方法，其中细菌素对病原菌具有抑制作用。

18. 如权利要求 17 的方法，其中所述细菌是一种李斯特氏菌。
19. 如权利要求 10 至 18 中任一项的方法，其中步骤(c)包括将混合物挤压成饲料单位。
20. 发酵谷物作为鱼饲料成分的用途。
- 5 21. 如权利要求 20 的用途，其是指含细菌素的发酵谷物作为鱼饲料成分的用途。
22. 一种降低动物体内胆固醇的方法，该方法是通过向该动物喂饲如权利要求 1 中定义的动物饲料和能降低动物体内胆固醇的可消化量的纤维。
23. 一种在动物体内实现免疫刺激反应的方法，其通过喂饲如权利要求
- 10 1 中定义的动物饲料。
24. 发酵谷物的用途，该用途是用于制备动物饲料以降低饲喂该饲料的动物体内胆固醇的含量的用途。
25. 发酵谷物的用途，该用途是用于制备动物饲料以在饲喂该饲料的动物体内实现免疫刺激反应的用途。

说明书

动物饲料

5 本发明涉及动物饲料及一种制备动物饲料的方法，该方法可提高饲料的质量和可消化性。

在养殖业中，用碳水化合物和淀粉作为饲料，就这一点，用作为鱼类养殖业中鱼饲料的成分之一的谷物，如燕麦，是众所周知的养殖鲑鱼的碳水化合物源。研究表明，鲑鱼可以消化谷物中的淀粉，谷物掺入鱼饲料后对于饲料的可消化性及鱼的行为不会造成不利影响，但观察到，通常是饲料中谷物的含量越高，可消化性越差，一个典型的例子是，当鱼饲料中燕麦的重量比由 10% 增加到 30% 时，淀粉的可消化性由约 61% 明显降至约 33%。因此，通常有必要提高鱼饲料中淀粉的可消化性。

但是迄今为止，仅有少量谷物被用作鱼饲料的成分，其原因在于难于将饲料混合物挤压成颗粒饲料，同时颗粒饲料也容易被一些细菌菌株如单核细胞增多性李斯特菌(*Listeria monocytogenes*)所污染。这是摆在鱼类养殖业面前的一个重要问题。

现在我们已发现对谷物进行预发酵可以易化颗粒饲料的制备并且得到的饲料比含未发酵谷物的饲料更易消化。另外，用产细菌素的乳酸菌(乳酸杆菌, *Lactobacilli*)进行预发酵时，还可抑制饲料生产和贮存过程中一些不良细菌如食物传染性病原菌或食物酸败细菌(如李斯特菌属的种类，例如单核细胞增多性李斯特菌)的生长。此外，还发现含预发酵谷物的鱼饲料具有免疫刺激作用。

细菌素是细菌释放的多肽或蛋白质，其对产生它的菌株或其它细菌有杀菌或抑菌活性。尽管某些情况下细菌素也会作用于其它无关细菌(包括某些病原菌)，但通常它仅影响那些与产生菌关系密切的细菌。

由于具有用作抗菌剂的潜能，细菌素已经深入细致研究，考虑到特别是由乳酸菌(LAB)分离出来的细菌素在食品和酿造业，特别是在食品保存方面具有潜在用途，近年来更是引起了人们的浓厚兴趣。

30 众所周知，短链(1-3) β -葡聚糖对鲑鱼的免疫系统具有刺激作用。例如，用短链(1-3) β -葡聚糖处理的鲑鱼对包括 *Yersinia ruckeri*(Enteric redmouth 病)、

鳗弧菌(*Vibrio anguillarum*)(Classical vibrose)和 *Vibrio salmonicida*(Hitra disease)在内的不同类型细菌的抵抗力均有所增强。(参见 Robertsen B, Rorstad G, Engstad R.和 Raa J., “鱼类疾病杂志”(Journal of fish diseases) 13, 1990, 391-400)

5 因此,一方面看来本发明提供了一种动物饲料,优选是鱼类(如鲑鱼)或禽类(如鸡)饲料。它含有发酵过的谷物和至少一种动物饲料成分,其中谷物优选是选自小麦、燕麦、黑麦和大麦,更优选是小麦、大麦和燕麦。

另一方面看来,本发明提供了一种动物饲料的生产方法,该方法包括了如下步骤:

10 (a) 发酵谷物,优选是用乳酸杆菌属细菌来发酵,特别优选是那些能产生细菌素的乳酸菌株,尤其是特别优选能产生 Sakacin A 或 Sakacin P 的乳酸杆菌株;

(b) 将发酵过的谷物与至少一种动物饲料混合;并且,任选地

(c) 将所述混合物制成饲料单位,如颗粒饲料。

15 进一步地看,本发明提供了将发酵谷物(优选是含细菌素的发酵谷物)用作加工的动物饲料(优选是鱼类或禽类饲料)成分的用途。

更进一步地看,本发明提供了通过给动物饲喂如上定义的动物饲料从而在其体内实现免疫刺激反应的方法,以及通过饲喂如上定义的动物饲料和可消化量的、能降低所述动物体内胆固醇水平的纤维从而降低动物体内胆固醇

20 水平的方法。

再进一步看来,本发明提供了将发酵谷物用于制备动物饲料以降低被饲喂该饲料的动物体内的胆固醇水平或用于在动物体内实现免疫刺激反应的用途。

已经发现谷物发酵具有改变谷物内单糖和双糖水平及多糖溶解性的优点,使谷物颗粒膨胀并部分溶解。这样混合物可以更易挤压,因此变得更易被鱼消化。

25

而且发酵产生的饲料,较之包含未发酵谷物的相似饲料具有更低的 pH 值,这一点对于鱼类饲料特别重要,因为鲑鱼饲料中的主要色素----虾青素在酸性条件下有更好的稳定性。鉴于饲料中色素的成本颇高,颗粒饲料状鱼饲料中色素(类胡萝卜素)的 pH 稳定性可以视为本发明的显著优点。

30

另外,已经发现谷物发酵可以增加饲料颗粒的坚固度并降低其水溶性,

二者在饲喂那些养殖在海水笼中的鱼时是非常有益的。

根据本发明的方法的另一优点是其生产的动物饲料在其饲喂动物的体内有增强免疫刺激的作用。就这一点而言，有研究发现含发酵大麦的鱼饲料在其饲喂的鱼体内具有免疫刺激效应作用。在不期望为任何理论研究所限制的同时，认为该效应可能是由于谷物发酵时多糖(如 β -葡聚糖)降解形成的短链(1-3) β -葡聚糖。

按照据本发明的方法所制得的动物饲料具有的另一优点是谷物发酵增强了饲料的可消化性、特别是淀粉的可消化性。这本身又使得饲料中有更高含量的纤维，否则这几乎是不可能的。这一点是重要的，因为对于动物，纤维是一种重要的膳食需要，并且已知其有降低胆固醇含量的作用。按本发明制得的鱼饲料中具体高达 10%重量比的纤维可以被消化，相比之下，常规饲料中上限为 2.5%。纤维的含量比最好在 4%--10%(按重量计)的范围内。

按本发明生产的饲料可加工成任何常规形式，如通过膨胀、挤压、加热、干燥和丸化等加工处理。颗粒饲料指任何形式的独立饲料单位，如片形、糕形、砖形等。饲料可通过压制(compression)实现丸化，但通常是采用挤压法(extrusion)。尽管优选颗粒形式的饲料，按本发明生产的饲料也可能是其它如薄片或粉末等形状。

本发明所用谷物可以是任一种饲料填充剂类谷物。不过就鱼饲料而言，优选大麦、小麦和燕麦，其中特别优选燕麦和大麦。按照根据本发明的方法所制得的鱼类饲料中谷物淀粉在鲑鱼体内的可消化性得到改善，并且已证实对于大麦，可消化性增加显著(接近 100%)，小麦是 20%。

发酵谷物可方便地占动物饲料重量的 1-95%，优选是 10-40%。其余成分可以是常规的动物饲料及其添加剂，如未发酵谷物、鱼食、细菌素、脂类物质、维生素、矿物质、水、着色剂、增味剂、治疗剂、稳定剂、抗氧化剂和 pH 值调节剂。谷物成分可以是整粒、谷粒碎片，碎谷粒或碾碎的谷粒(如面粉)。

就鱼饲料而言，饲料的总的谷物含量最好不超过约 40%(按重量计)，且大部分是预发酵过的。实际上特别优选全部谷物都是预发酵过的。

作为发酵谷物成分的细菌素可以是如前所述在发酵时产生的，也可以是单独生成并在加工前以纯化的或粗提物或部分纯化的形式加进去的。

所用的细菌素可以有一或数种细菌抑菌谱。优选使用对饲料中的病原菌

(如李斯特菌属)有抑制作用的细菌素。

优选用乳酸菌，特别是能产生细菌素的乳酸杆菌株系。已知可买到很多乳酸杆菌，如来自丹麦 Chr Hanson 的用于面包发酵的菌株。优选的发酵剂包括含发面培养种的乳酸菌。

5 为抑制动物饲料中的细菌株系(如单核细胞增多性李斯特菌)，可以使用产细菌素的乳酸杆菌株系。已知有几种这样的株系，如分别产 Sakacin P 和 Sakacin A 的 L. Sake 株系的 Lb674 和 Lb706。(L. Sake Lb674 得自德国 Kulmach 联邦肉制品研究所的 Lothar Krockel 博士；L. Sake Lb706 得自挪威 Osloveien 挪威食品研究所的 MATFORSK)

10 乳酸菌细菌素通常是肽，很少具有超过 60 个的氨基酸。现在对不少产自乳酸菌的细菌素已有描述(参见 Nettles 等 1993 年的综述)，并且最知道注意的是其中包括已被深入研究过的乳酸链球菌肽(如参见 Gross 等，“美国化学学会杂志”(J.Am.Chem.Soc.) 93:4634-4635, 1971 及 Hurst，“微生物应用进展”(Adv. Appl. Microbiol.) 27:85-123, 1981)。

15 优选的产细菌素的株系应同时进行乳酸发酵和产生细菌素。由于细菌素是多肽，它们可能会被面粉中的蛋白酶降解或失活。在这种情况下优选可以在加工前即加入细菌素或先预热面粉以使那些蛋白酶失活。如果细菌素不能经过加工过程(如挤压)，则可在加工后再加入细菌素或其产生株系。

20 根据本发明的方法中，发酵步骤在含水介质(通常是水)中进行。介质中含 40-60%(按重量计)的谷物(优选细细研磨过的全粒面粉的形式)在室温或高于室温的温度下(如 25-35 °C，特别是 30 °C)发酵 10-48 小时(优选是 24-48 小时)，直至 pH 值为酸性(如 pH 1-6，特别是 3-5)。

25 在发酵步骤中，可以使用发酵剂培养物或可以使用来自所用谷物的自发性培养源，任选用一种预先制备的。利用发酵剂培养物，发酵期通常是 10-16 小时，而用自发性培养源引发发酵的发酵期较长，可为 24-48 小时。若一开始就用酸性介质会影响发酵。酸性 pH 是发酵过程中酸发酵的结果

以下实施例旨在以非限定的方式说明本发明。

实施例 1

30 用于进行实验的原材料为：

(a) 小麦----全粒小麦粉；

(b) 燕麦---细细研磨过的全粒燕面粉；

(c) 鱼食----含抗氧化剂的 Norseamink Norwegian 鱼食， Egersund Sildoljefabrikk 挪威。

通过将鱼食掺入下述未处理或预处理过的谷物得到四种混合物：

- 5 (1) 未处理的小麦(15%);
- (2) 未处理的燕麦(15%);
- (3) 发酵过的燕麦(发面)(基于 15%的面粉重);
- (4) 糊化的燕麦(基于 15%的面粉重)。

10 通过手工混合鱼食和未处理的小麦或燕麦(15%)制备含谷物(1)和(2)的鱼食混合物。两种混合物均含水 8.1%。

为预处理含(3)的鱼食混合物，通过将等量的燕麦粉和水加入到等量的乳酸菌(酸面团)培养源中进行发酵。混合物(20 °C， pH 4.6)在 30 °C下发酵 24 小时形成预培养物，在挤压加工饲料前有规律地向预培养物中补充燕麦粉和水复壮预培养物。终发酵混合物的 pH 值为 4.0，当与鱼食混合后产生含水量为 19.9%的混合物。

为预处理含(4)的鱼食混合物，将沸水以 1:1 的比例加入燕麦粉中。加入后不久温度为 76 °C，并且冷却至 30 °C导致重量减少 3%。烫过的面和水的混合物加入鱼食后含水量为 19.9%。

20 用 Werner & Pleider Continua 37 挤压机进行挤压。挤压机温度范围为 130-150 °C，加水的速率在 2-7.5 升/小时之间。其它变量包括：旋转速率(280-320 转/分钟)、面粉加入速率(1.2-2.4 克/分钟)和加料温度(130-145 °C)。在挤压过程中，压力的变化范围为在 10-25 巴之间。

使颗粒饲料可以在室温下冷却并干燥，然后堆在密封的鼓状容器内。对每组实验至少取两份样品进行检测，所得结果列于下表 1 和表 2。

25 对每份样品中的在刚生产出时和在室温下放置 24 小时后各测一次干物质百分比，测 pH 值。破裂和破碎强度在 Instron Universal 测试仪器中的 Kramer 室内测定。破碎强度垂直于颗粒饲料的长进行测定，取 12 颗颗粒饲料的平均值。每颗颗粒饲料的长度、宽度和其水溶性及下沉速率一起测定。此处所说的溶解度一词是指颗粒饲料在水中浸泡一定时间内溶于水中的颗粒饲重量比。对四种鱼饲料混合物的测试结果列于表 1 和表 2。

表 1 由小麦和燕麦制得颗粒的干物质(%)和 pH 值

处 理	干物质(%)		pH
	新制成时	24 小时后	
未发处理小麦	81.9	89.9	6.1
未发处理燕麦	77.1	87.3	6.0
发酵燕麦	75.6	87.7	5.8
糊化的燕麦	76.4	86.6	6.0

5

表 2 由小麦和燕麦制得颗粒的破裂度和水溶性

处 理	破裂 N	粉碎 N	水 溶 性(%)	
			2 分钟	20 小时
未处理小麦	16.4	213	8	62
未处理燕麦	16.6	103	15	38
发酵燕麦	16.4	127	9	32
糊化的燕麦	16.3	134	19	100

由表 1 的结果可明显看出, 在室温下干燥 24 小时导致干物质含量增加 8-12.1%, 其中发酵燕麦增加最多。已证明所有颗粒饲料在 12 个月内对于霉菌生长或任何其它可见的变质都是稳定的。另外, 含发酵燕麦的颗粒饲料的 pH 值低于其它颗粒饲料类型的。

尽管几种颗粒饲料类型的破裂度没有明显差异, 要粉碎含小麦的颗粒饲料却需要比粉碎含燕麦的颗粒饲料更大的力。

水溶性决定于颗粒饲料在水中沉落的时间。所有类型的颗粒饲料均需数小时才沉落, 但当最终湿透时溶解性增加。

实施例 2

对用含不同量的发酵和未发酵小麦或大麦粉的饲料喂养大西洋鲑鱼的实验

下文描述了按本发明所介绍的方法制成的动物饲料的作用。饲料构成按可消化性结果、碳水化合物分析和在鲑鱼体内的免疫刺激效应来阐述。在所有实验中，鲑鱼表现良好。

进行下述实验的原材料是：

- 5 (a)小麦--全粒小麦粉，细磨；
(b)大麦--全粒大麦粉，粗磨。

通过将鱼食和下述预处理(发酵)或未处理(未发酵)的谷物混合，制备八种混合物：

- 10 (1)预处理的小麦 (12%)(HF 12)
(2)预处理的小麦 (24%)(HF 24)
(3)预处理的小麦 (36%)(HF 36)
(4)未处理的小麦 (24%)(HU 24)
(5)预处理的大麦 (12%)(BF 12)
(6)预处理的大麦 (24%)(BF 24)
15 (7)预处理的大麦 (36%)(BF 36)
(8)未处理的大麦 (24%)(BU 24)

选择饲料组成以提供相等的能量，并示于表3。挤压条件如以上在实施例1中所述。

20

表3 饲料成分(公斤/100公斤饲料)

饲料成分的类型	发 酵 过 的			未发酵过的
	1	2	3	4
编 码	H(B)F 12	H(B)F 24	H(B)F 36	H(B)U 24
小麦/大麦全麦粉	12	24	36	24
鱼食	66	57	48	57
鱼油	22	19	16	19
总量	100	100	100	100
指示剂 (Ytriumoxide)	100 毫克/ 公斤饲料			
矿物混合物	100 毫克/ 公斤饲料			

虾青素	75ppm (937.5 毫克 CaropHyll Pink /公斤饲料)
-----	---------------------------------------

半公斤重的大西洋鲑鱼自由取食饲料。经过 9 天的适应期后，实验持续 3 周。在第 8 天和第 16 天按照 Austreng,E.的方法收集鱼粪(参见“水产养殖”(Aquaculture) 13 : 265-272 , 1978)。粪便在分析前先进行冷冻干燥处理。

5 饲料的化学组成

饲料的化学组成分析见表 4 。

表 4 饲料的化学组成(公斤/100 公斤饲料)

饲料类型	干物质	蛋白质	脂类	淀粉	β -葡聚糖	糖(单糖或双糖)
小 麦						
HF 12	93.7	47.4	28.5	5.6	0.05	0.21
HF 24	93.7	43.0	25.8	11.5	0.08	0.48
HF 36	93.1	39.0	21.8	17.2	0.07	0.67
HU24	94.0	42.2	26.2	11.1	0.08	0.20
大 麦						
BF 12	94.4	47.3	28.9	4.5	0.28	0.11
BF 24	94.1	42.5	24.8	10.2	0.53	0.38
BF 36	93.6	38.0	22.0	15.3	0.79	0.59
BU 24	94.2	42.8	26.2	8.2	0.40	0.00

发酵对于可消化性的影响

蛋白质、脂类、淀粉的可消化性和能量(以百分比表示)由对饲料和鱼粪
15 进行化学分析来计算。结果见表 5 。

表 5 喂养大西洋鲑鱼的饲料的可消化性(%)

饲料类型	蛋白质	脂类	淀粉	能量
小 麦				
HF 12	83.3	88.7	70.9	83.6
HF 24	84.3	89.6	57.2	81.6
HF 36	85.5	84.5	38.4	75.8
HU 24	84.3	86.5	47.9	79.8
大 麦				
BF 12	84.4	85.4	68.9	81.7
BF 24	85.7	86.9	63.2	81.1
BF 36	85.8	84.4	48.0	75.4
BU 24	84.6	87.3	33.2	80.2

5 对于蛋白质，随鱼饲料中发酵的小麦或大麦面粉的增多，可消化性有增加的趋势。对于含大麦的饲料，发酵面粉时蛋白质的可消化性(85.7)比非发酵的(84.6)略高。这些饲料均以 24%的大麦粉配制。

对于脂类，由于碳水化合物水平或处理，未发现可消化性(%)有系统变异。

10 对于淀粉的可消化性，含小麦和含大麦的饲料的发酵均得到显著的正效应。淀粉的可消化性在含 24%发酵小麦粉的饲料中为 57.2%，相比之下，在未发酵的饲料中仅为 47.9%。与淀粉的可消化性增加 19%一致。

15 对大麦而言，这种由发酵导致的淀粉可消化性的效果更为明显：含 24%面粉的未发酵饲料的可消化性仅为 33.2%，而发酵饲料的则为 63.2%。可消化性增加了 90%以上。

由以往的研究可知，淀粉的可消化性随谷物含量的增加而降低。本实验也得出相同的结果。不过对大麦来说，发酵过程对此予以了补偿，所以含 36%发酵大麦的饲料的淀粉可消化性(48.0%)要高于含 24%的低含量的未发酵大麦的饲料(33.2%)

由发酵所致的淀粉可消化性增加为能量可消化性的结果所支持。发酵样品可消化性的增加导致其能量可消化性也高于未发酵的样品。对于小麦，含24%的粉的饲料，发酵和未发酵样品的可消化性分别为81.6%和79.8%，而大麦相应的数字分别为81.1%和80.2%。

5

发酵对鱼行为的效果

鲑鱼在实验中表现良好，没有厌食现象。粪便稠度正常，即使喂以高含量碳水化合物的饲料也是如此，粪便中干物质含量正常、没有腹泻的迹象(干物质低于12)就说明了这一点。

10

饲料类型	粪便中的干物质 (克 /100 克)
小 麦	
HF 12	15.0
HF 24	14.4
HF 36	15.7
HU 24	14.3
大 麦	
BF 12	14.9
BF 24	13.6
BF 36	17.2
BU 24	15.3

发酵对碳水化合物组成的影响

15

饲料中碳水化合物的可溶性受发酵过程的影响。在发酵前后小麦和大麦粉中水溶性碳水化合物含量如表6中所示。

表 6 发酵前后小麦和大麦粉中水溶性碳水化合物含量(克/100 克饲料)

样品	葡萄糖(G)	麦芽糖(M)	水溶性多糖	总 G+M	总量
未发酵的					
小麦	0.72	5.72	2.05	6.44	8.49
大麦	1.05	4.81	5.61	5.86	11.47
发酵的					
小麦	2.04	1.16	1.24	3.20	4.44
大麦	2.00	0.06	2.76	2.06	4.82

- 5 这些结果表明，发酵中麦芽糖的含量明显减少而葡萄糖的量增加。对于小麦和大麦，单糖和双糖的量都接近未发酵面粉的一半。发酵过程中水溶性多糖的量也有所减少。发酵后检测到接近一半水溶性聚合物。水溶性多糖的减少在大麦粉中最显著，由原来的 11.5% 降至 4.8%，降低了 59%。

免疫刺激效果

10

鲑鱼用实验于饲料喂养 16 天后，测其血样的血清溶菌酶活性以评价血中的免疫刺激效应。结果见表 7。

表 7 用含发酵和未发酵大麦的饲料喂养的鲑鱼的血清溶菌酶活性

15

饲料类型	溶菌酶活性(%)
大 麦	
BF 12	28.445 ^{abc8*}
BF 24	32.852 ^a
BF 36	28.480 ^{abc}
BU 24	23.004 ^c

*标有相同字母的数字没有显著差异($P < 0.5$)

血清溶菌酶活性由 *Micrococcus lysoplate* 检测测定。在该方法中，样品被放置在含溶壁微球菌(*Micrococcus lysodeicticus*)的琼脂糖凝胶上压印出的小孔内。孵化后将琼脂糖凝胶染色、脱色，并测定溶斑的直径。结果与已知有溶菌酶活性的参照血清(100%)的直径相比较，以参照的直径的百分数表示。不同的鱼群，其溶菌酶的实际活性可能因健康状况、年龄等因素而有差异，但在某一特定实验中，免疫刺激效果可以该实验中鱼的相对溶菌酶活性加以评价。

溶菌酶是一种能水解细菌细胞壁成分的酶。通过降解细胞壁，细菌的生长受到抑制。因此，动物的高溶菌酶活性使得病原菌的抵抗能力增加，因而促进动物健康。

结果显然证明用含发酵大麦的饲料喂养的鲑鱼比用未发酵饲料喂养的鲑鱼有更高的溶菌酶活性。用24%发酵大麦喂养的鲑鱼的溶菌酶活性(32.85%)显著高于用等量的未发酵大麦喂养的鲑鱼(23.00 %)