

不同来源木聚糖酶的应用

冯定远

(华南农业大学动物科学学院)
院)

酶制剂种类

1. 内源性酶，与消化道分泌的消化酶相似的酶（淀粉酶、蛋白酶、脂肪酶等）；
2. 外源性酶，消化道不能分泌的类似酶（如纤维素酶、果胶酶、半乳糖苷酶、 β -葡聚糖酶、木聚糖酶和植酸酶等）。

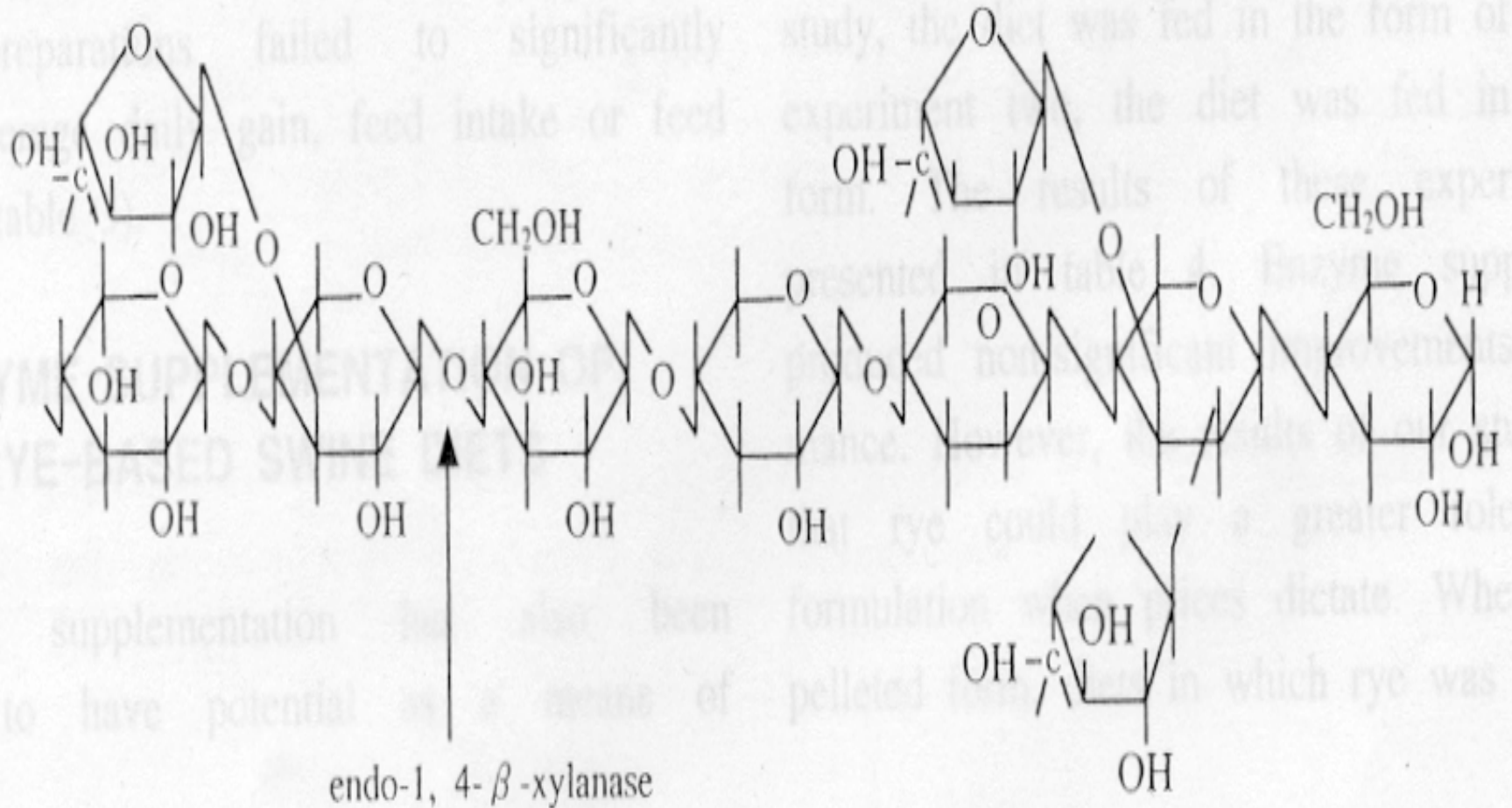
重要的酶制剂

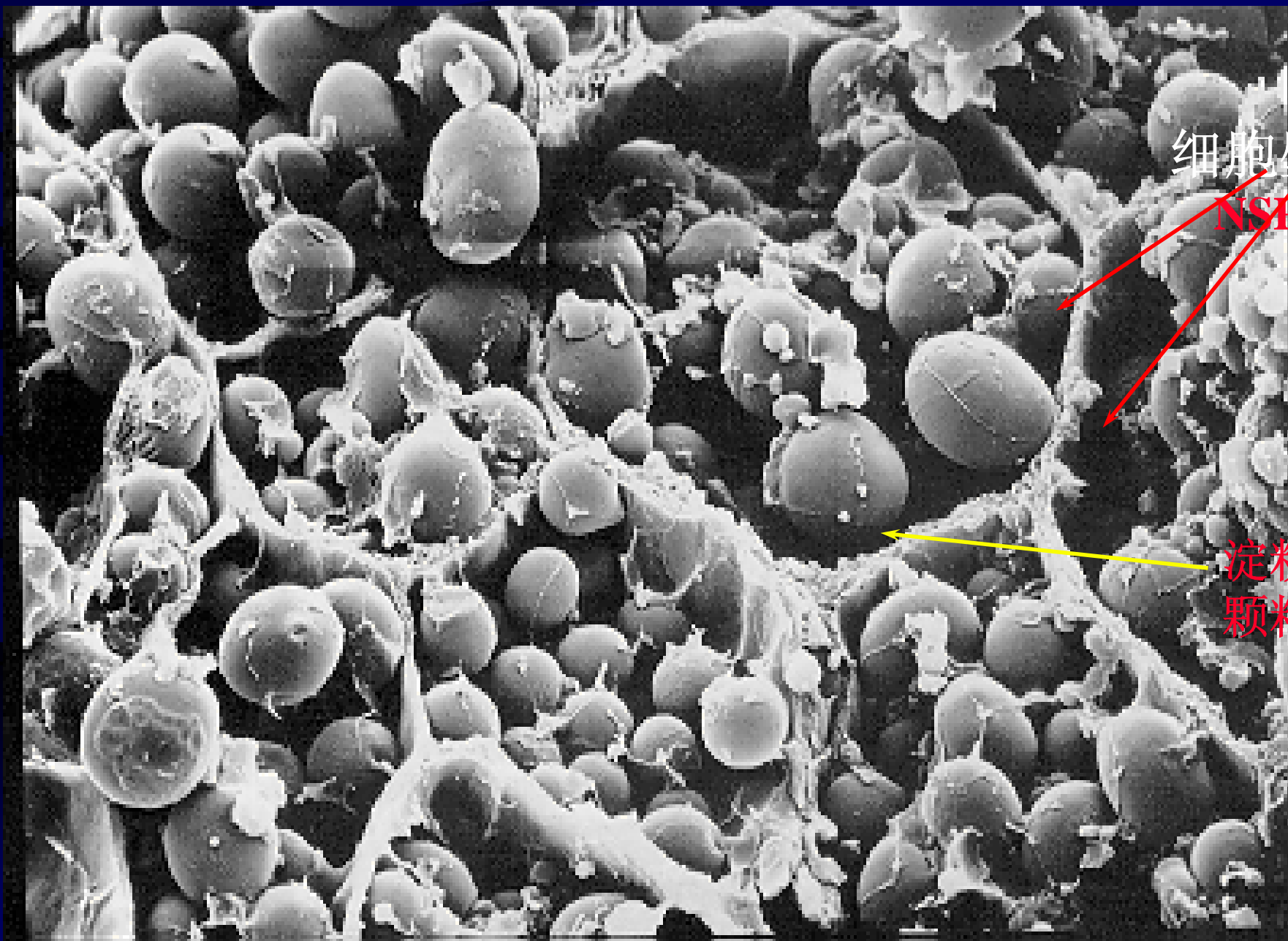
- 目前已得到充分肯定的酶制剂主要是阿拉伯木聚糖酶（戊聚糖酶）、 β -葡聚糖酶和植酸酶。
- 这三种酶制剂是通过消除日粮中的某些抗营养因子而改善动物的生产性能。
- 阿拉伯木聚糖酶是研究最充分，并在当前已被广泛地商业性用于饲养系统的酶制剂。

饲料原料的非淀粉多糖

- 小麦、燕麦、稻谷、麸皮、米糠、统糠等都含有较多的木聚糖。
- 大麦、黑麦、啤酒糟等含有较多的 β -葡聚糖酶。
- 这类多聚糖统称为水溶性非淀粉多糖 (NSP)。

阿拉伯木聚糖的结构图





细胞壁

NSP

淀粉
颗粒

样品:小麦

不同谷类饲料中抗营养因子的含量

种类	β -葡聚糖 (g/kgDM)	戊聚糖(木聚糖) (g/kgDM)	总计
稻(去壳)	0	0	0
高粱	1	28	29
玉米	1	43	44
小麦	5	61	66
大麦	33	76	109
小黑麦	7	70	77
黑麦	12	89	101

*引自 Choct 和 Annison,1990 年。

主要谷物及豆类中非淀粉多糖的类型及含量 (%, DM) (Choct,1997)

	总NSP	不溶性NSP	可溶性NSP	主要的NSP
小麦	11.4	9.0	2.4	戊聚糖
大麦	16.7	12.2	4.5	葡聚糖
黑小麦	16.3	14.6	1.7	戊聚糖
玉米	8.1	8.0	0.1	纤维素等
高粱	4.8	4.6	0.2	果胶, 戊聚糖
豆粕	19.2	16.5	2.7	半乳糖, 果胶
菜籽粕	46.1	34.8	11.3	果胶, 戊聚糖
豌豆	34.7	32.2	2.5	果胶, 戊聚糖

非淀粉多糖的危害

- NSP在消化道内大量吸收水份而变得膨胀和粘稠，影响了消化道分泌的消化酶对整个食糜的水解消化，最终影响到整个日粮的消化吸收
 - 1 表面活性。NSP表面一般带负电荷，并有弱的亲水性与疏水性。它可以与肠道中饲料颗粒表面、脂类微团表面及多糖—蛋白质复合物结合

非淀粉多糖的危害

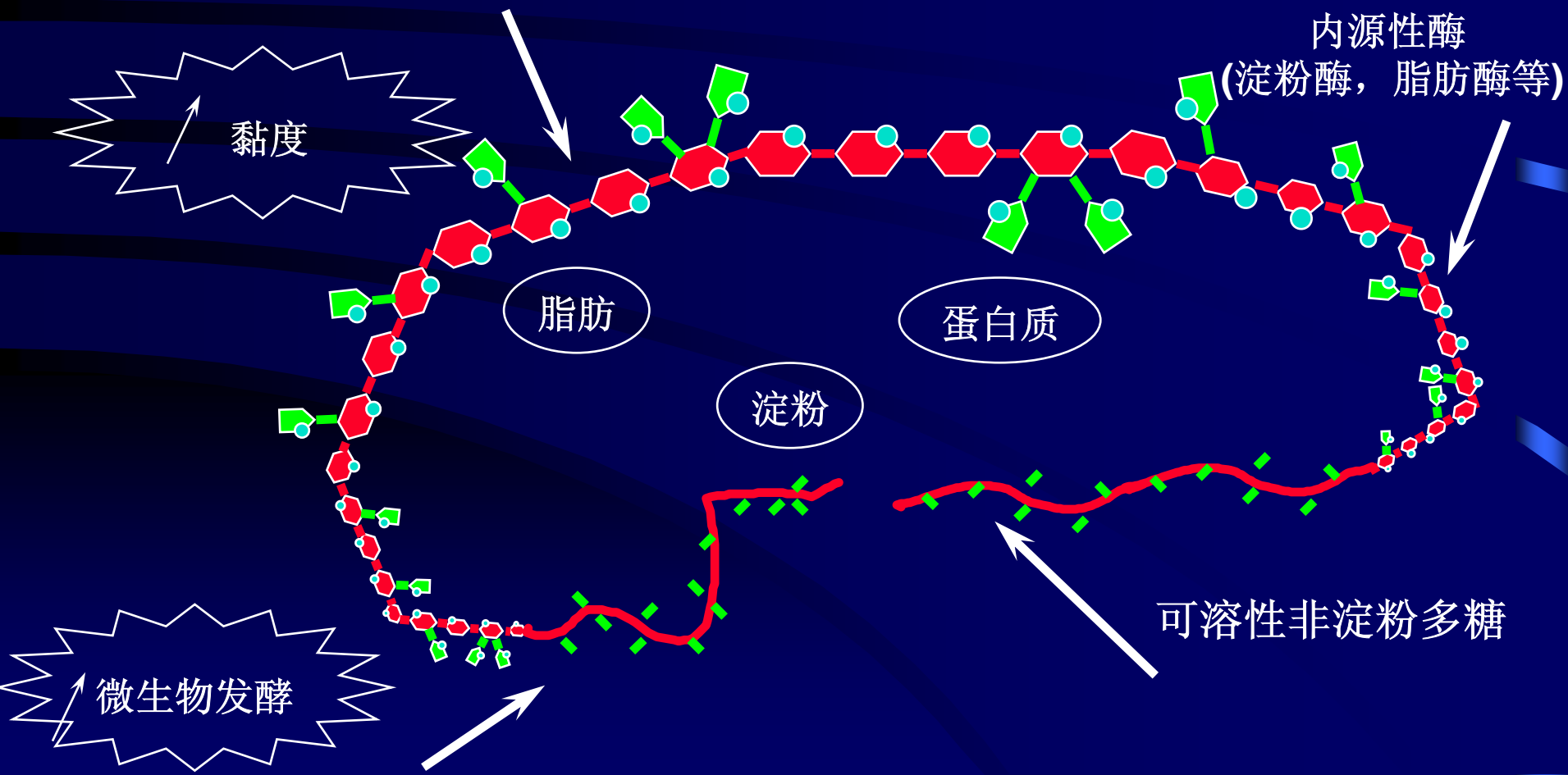
2 持水性。不溶性NSP如纤维素等具有海绵一样的吸收功能，而水溶性NSP如 β -葡聚糖等则通过网状结构的形成而吸收水分子，形成凝胶，从而改变了肠道的物理活性（即对肠蠕动的抵抗力提高）。

3 NSP与离子和小分子结合。主要是螯合作用，这些都影响了营养物质的消化吸收。

酶制剂与采食量

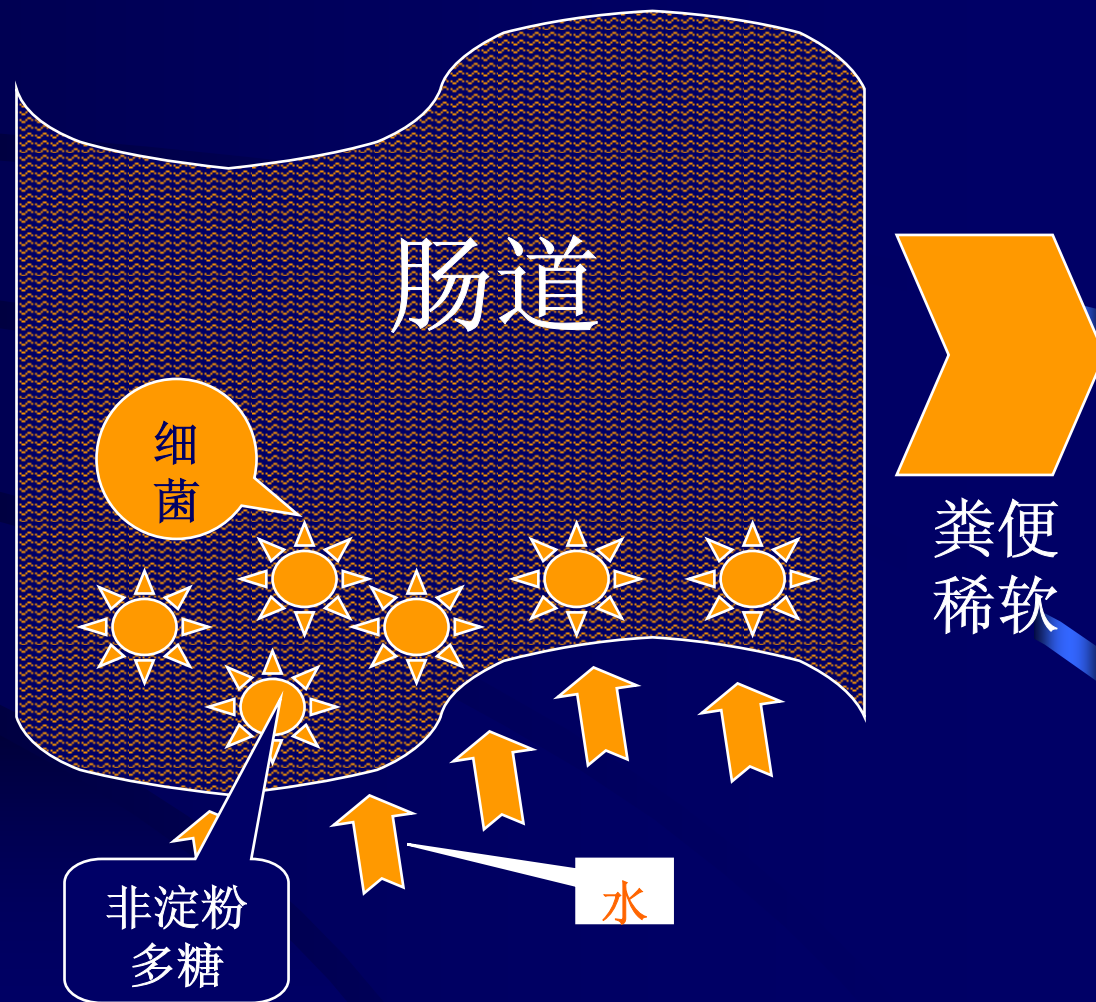
- 一克可溶性NSP可以结合13.5克水分
(Bourguin, et al 1993)
- 一克不可溶性NSP可以结合6.15克水分
(Kirwan, et al 1993)
- 饲料系水力是影响采食量的主要因素，尤其是仔猪。
- 添加NSP酶可降低饲料的系水力，从而提高采食量。

可溶性非淀粉多糖 降低消化率

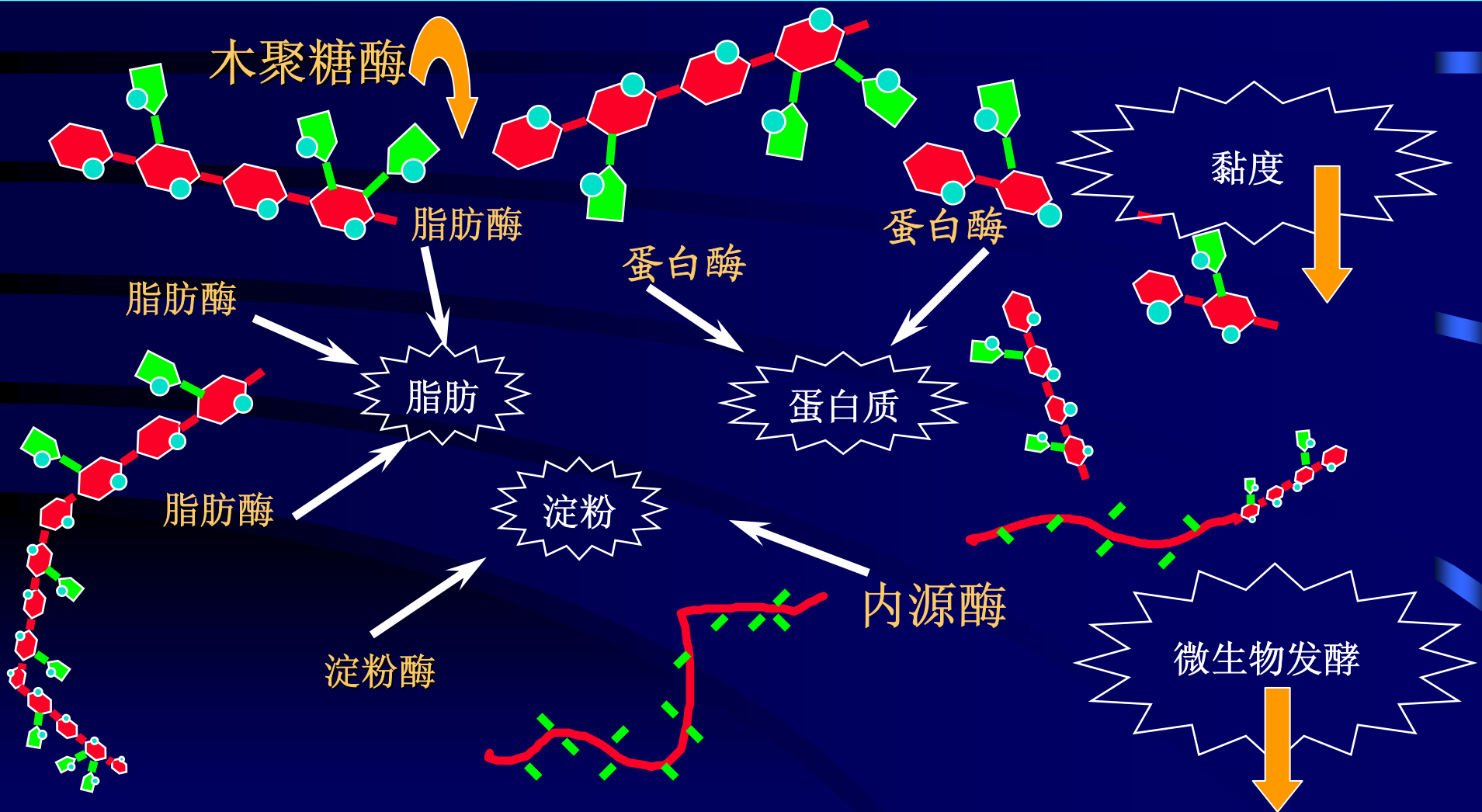


非淀粉多糖的危害

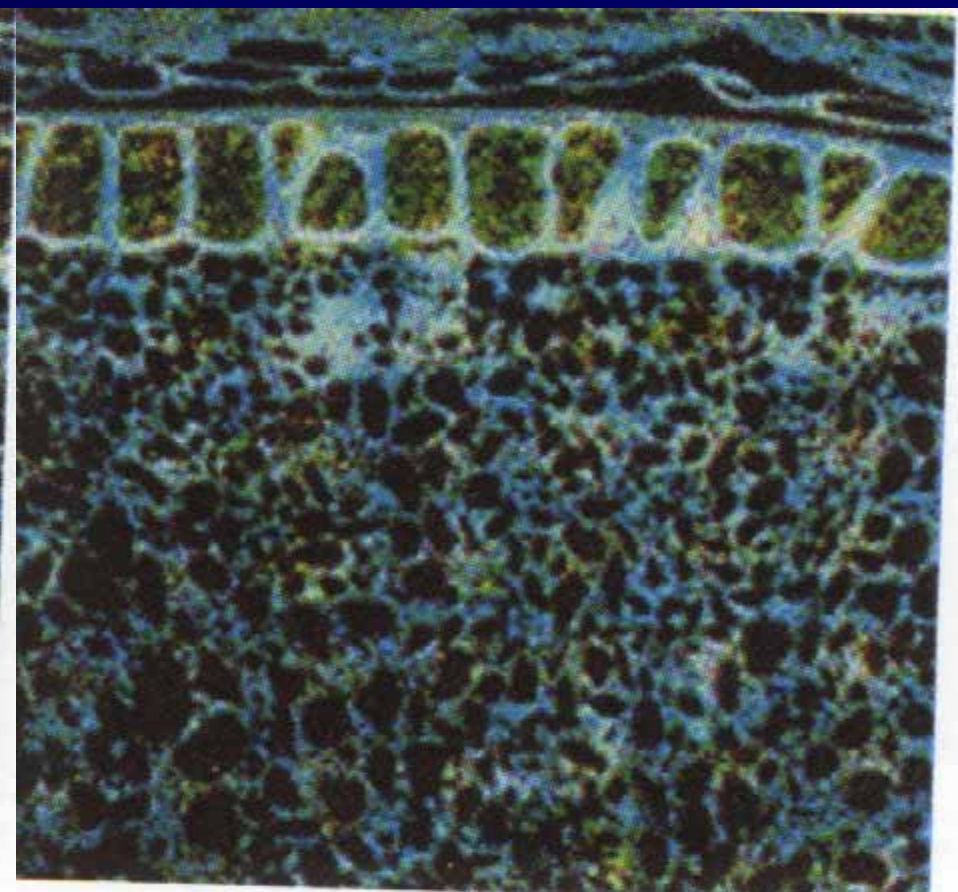
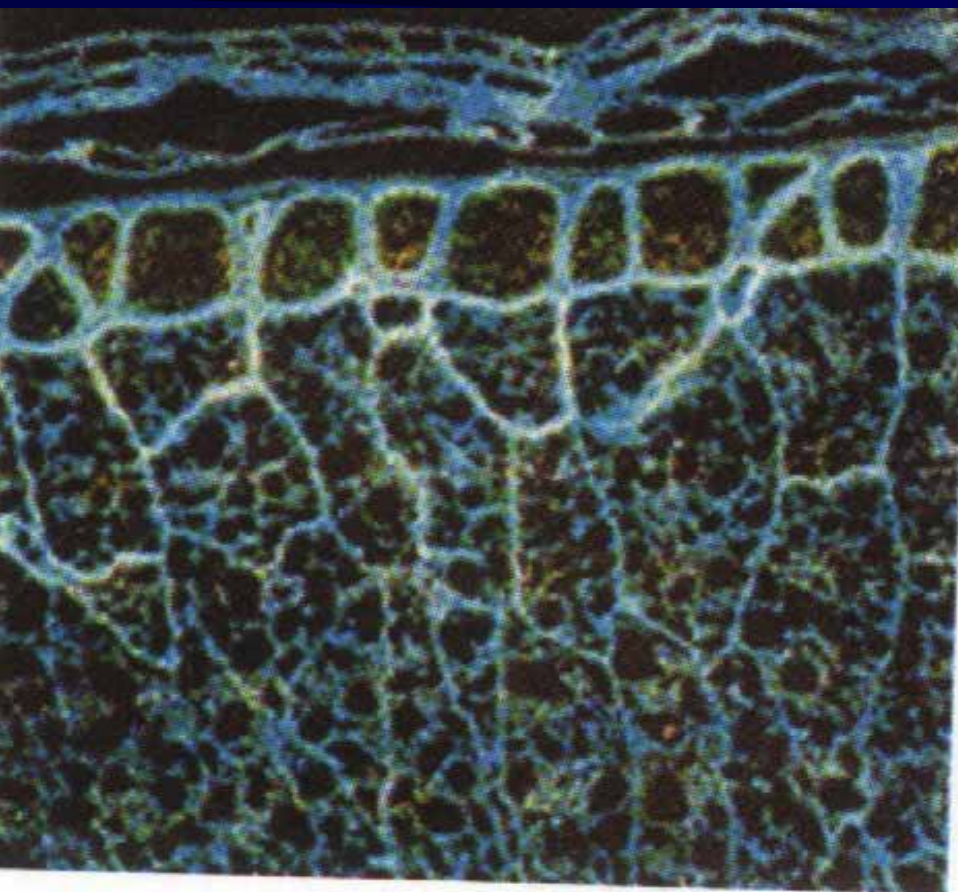
- 肠道渗透压
- 细菌繁殖率
- 营养物质通过肠道的速度
- 包裹其他营养物质影响吸收



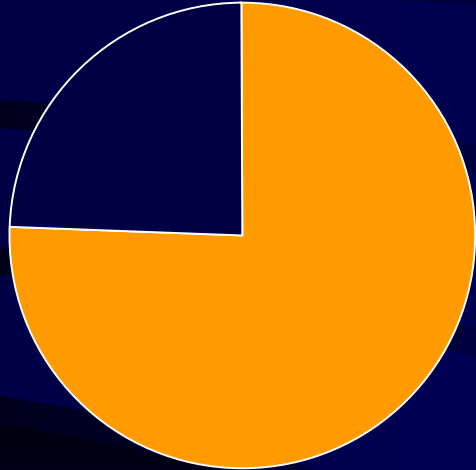
可溶性非淀粉多糖酶的作用



植物性饲料细胞结构在加酶前后的对比

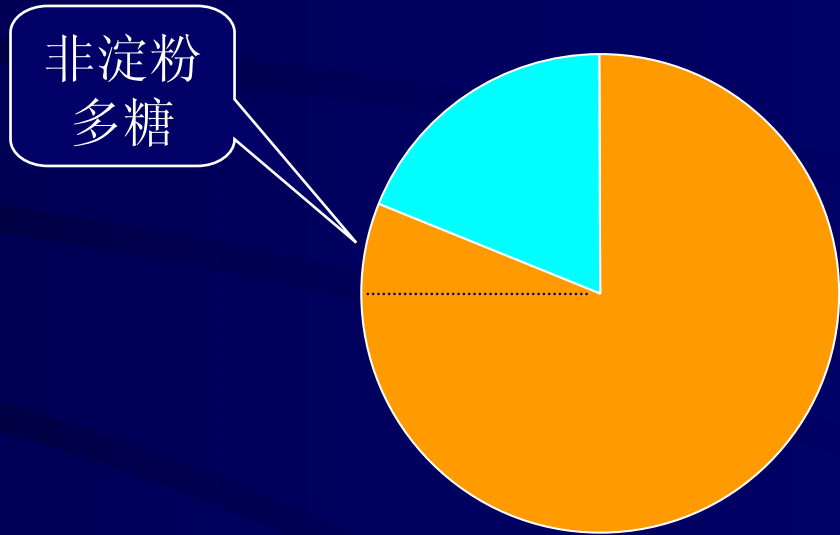


加酶对原料中抗营养因子的降解



不加酶时的状况

■ 可利用成分
□ 不可利用成分



加酶时的状况

■ 可利用成分
□ 不可利用成分

用酶新理念：DIF系统 的应用

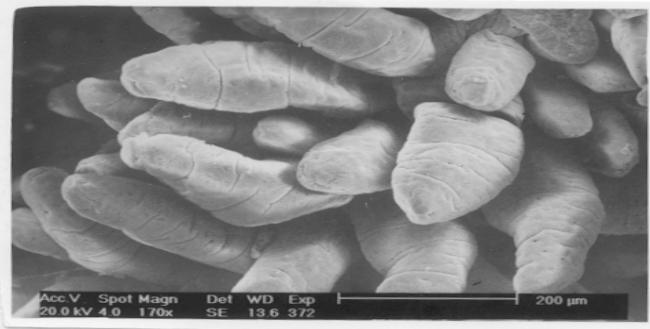
（冯定远和沈水宝）

- 应用消化改善因子（DIF, Digestive Improvement Factor）系统进行用酶配方设计，在保持饲料质量稳定的前提下，使用DIF系统为饲料业挖掘成本空间。
- DIF系统的建立包括：一是不同植物原料含有的主要抗营养因子(NSP)及其含量。二是针对性酶种的筛选与有效酶活性值的设计。三是不同畜禽水产品品种间消化道结构的特殊性与酶作用的特点。

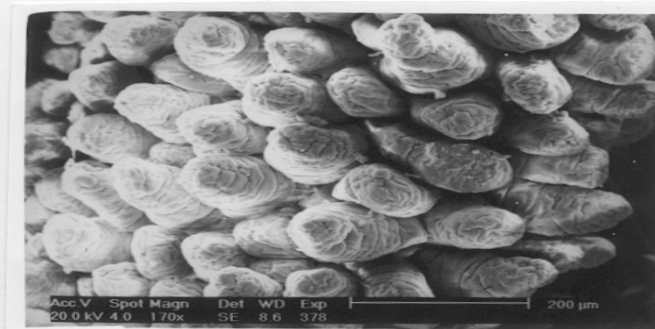
NSP酶对饲料原料的消化改善值 (DIF值)

(冯定远和沈水宝)

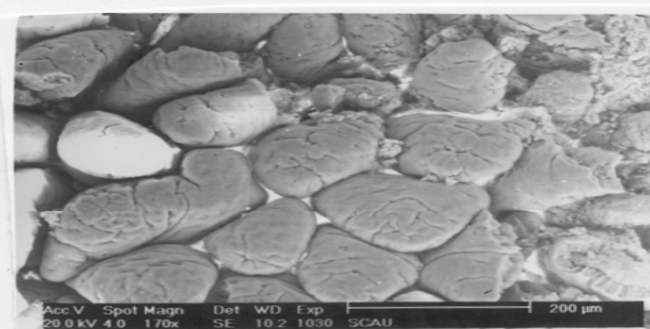
原料名称	代谢能值	代谢能DIF值	蛋白DIF值
玉米	3220	35-85	2-3%
小麦	3040	120-180	2-3%
小麦麸	1630	80-120	2-3%
次粉	2990	105-145	2-3%
豆粕	2300	40-60	2-3%
棉粕	1750	50-80	2-5%
菜粕	1770	140-170	2-5%
花生粕	2660	50-150	2-5%
细米糠	2680	90-140	2-3%
稻谷	2630	50-90	1-2%



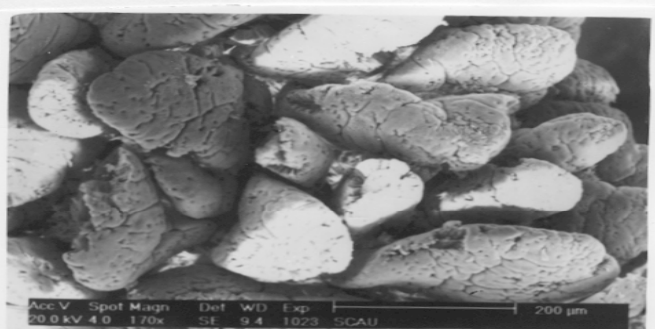
空肠中段 (A组) 28日龄



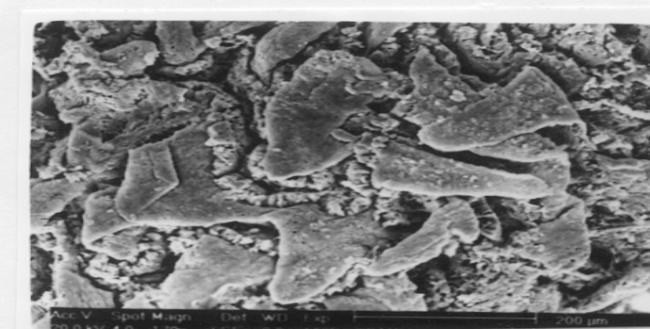
空肠中段 (B组) 28日龄



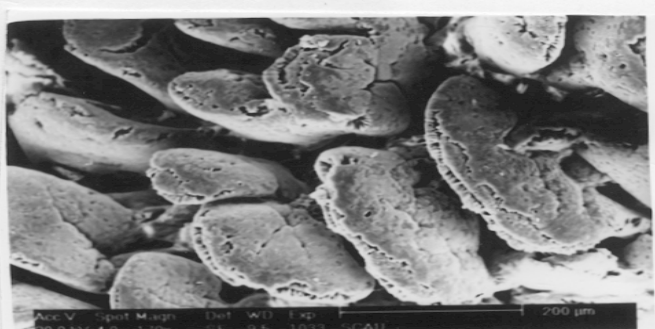
空肠中段 (A组) 42日龄



空肠中段 (B组) 42日龄



空肠中段 (A组) 56日龄



空肠中段 (B组) 56日龄

仔猪空肠中段绒毛形态结构
扫描电镜图 (A、B)
(XL30ESEM ×1700)

添加饲用酶必须满足原则

- (1) 饲料原料必须含有抗营养活性的NSP，足以引起生产问题。
- (2) 饲用酶制剂对多聚糖底物必须具备较高的活性，由于多聚糖结构多种多样，而且聚糖酶具有高度的专一性。改变所用酶对底物NSP的活性是重要的。
- (3) 所用酶在饲料加工过程中以及进入动物体内降解多糖时都必须维持其活性。

使用木聚糖酶的效果

- 在含有NSP较多的猪禽日粮中，使用木聚糖酶等饲用酶制剂，其中以鸡的效果最明显，在鸡的饲养试验中，绝大多数试验都是正效的。
- 猪对添加木聚糖酶的反应程度低而且没有规律。

使用酶制剂效果的影响因素

- 酶制剂是一种具有生物活性的蛋白质，不同的理化因素（包括饲料加工处理和体内消化道内环境）可能影响酶的活性。
- 酶制剂在饲料工业中应用的一个最大问题是人们对酶制剂在饲料颗粒加工过程中由于蒸汽调质的高温而失活的担心。

使用酶制剂效果的影响因素

- Annison (1994) 显示，商品酶制剂中的酶活检测在制粒前后对比表明饲料制粒过程中有相当部分酶活性得以维持。
- 适当提高商品酶制剂的活性浓度，仍可在高温制粒后残存足够的酶活。

- 解决酶制剂使用过程中可能遇到的潜在问题的另外的方法是酶制剂厂家在开发生产过程中适当考虑酶制剂的耐高温处理，例如发酵生产酶制剂的菌株的选择和产品的物理处理（如包被技术等）。
- 目前欧洲广泛采用的液体酶制剂在饲料调质制粒后的颗粒表面喷涂技术，这可以有效地解决饲用酶制剂耐高温的问题。

酶制剂应用有关活性的实际问题

- 饲料制粒后酶活性变化的资料并不多。部分原因是酶制剂在全价饲料中的活性含量很低，不容易有一种有效的检测全价饲料中酶活的方法。
- 一方面是含量低，另一方面是受到多种底物的干扰。

不同酶制剂活性不容易比较

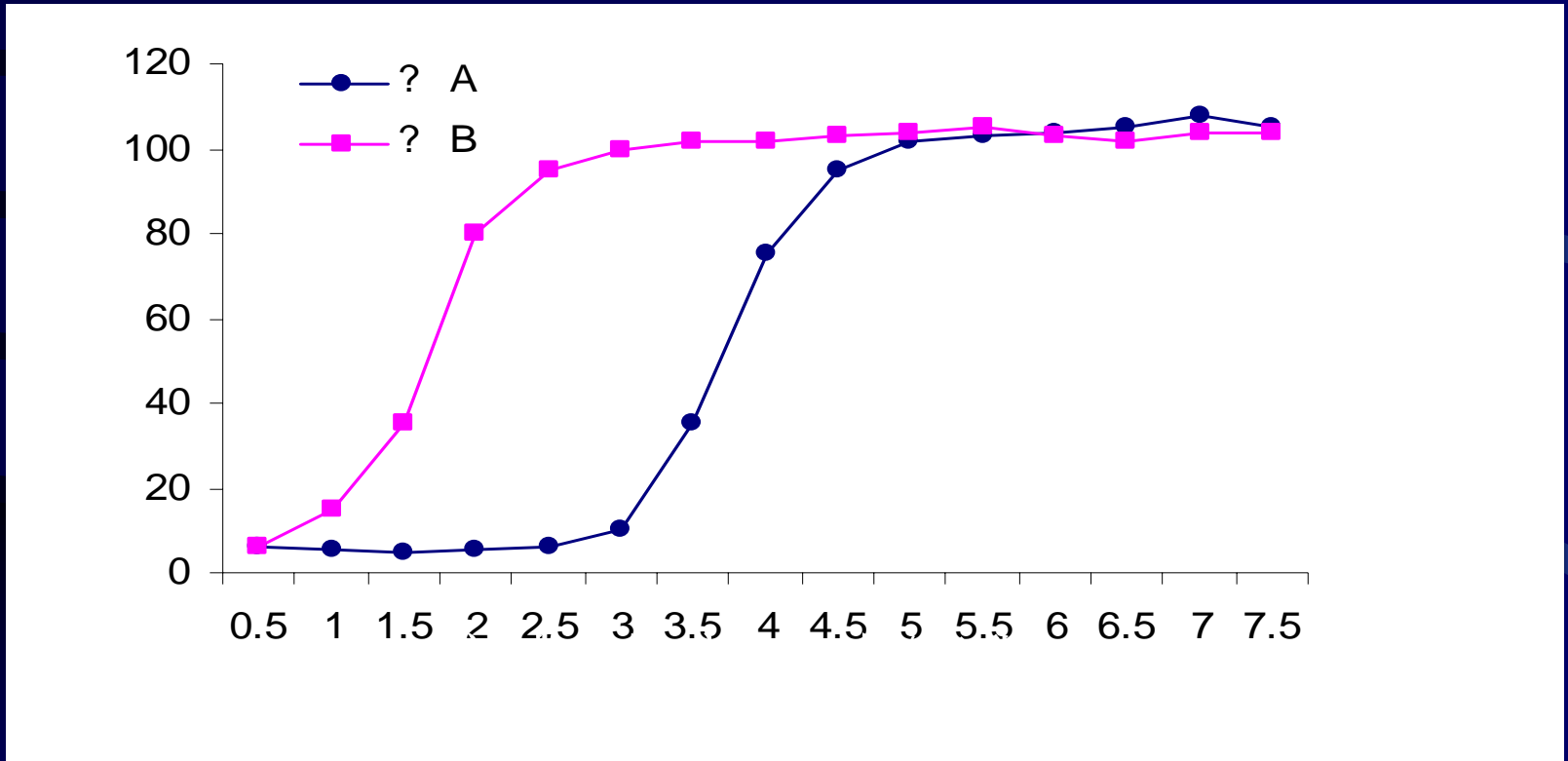
不同底物对三种木聚糖酶活性的影响

	酶的活性 (U/mg)	
	燕麦木聚糖底物	桦木木聚糖底物
酶 A	5570	616
酶 B	1960	921
酶 C	650	3022

底物不同酶的活性也不同

底物浓度对酶活性的影响

酶活性 (U/g)



底物浓度对两种木聚糖酶活性的影响 (pH 5, 50°C)

不同反应温度对阿拉伯木聚糖酶相对活性的影响（于旭华和冯定远）

	30	40	50	60	70	80
真菌性木聚糖酶 1#	23.70	42.43	76.51	100	21.77	7.59
真菌性木聚糖酶 2#	22.48	43.34	73.59	100	21.50	5.71
真菌性木聚糖酶 3#	29.33	51.98	100	46.43	15.86	3.64
细菌性木聚糖酶 4#	18.73	35.34	77.03	100	27.78	9.10
细菌性木聚糖酶 5#	16.28	35.69	76.31	100	27.79	7.81
细菌性木聚糖酶 6#	34.09	55.92	87.62	100	37.15	16.43

不同反应pH对阿拉伯木聚糖酶相对活性的影响（于旭华和冯定远）

	2.4	2.8	3.2	3.6	4	4.4	4.8	5.1	5.4	5.8	6.2	6.6	7
真菌性木聚糖酶1 [#]	10.70	16.05	38.72	59.69	70.17	84.68	95.57	97.38	94.36	100	96.98	91.74	87.70
真菌性木聚糖酶2 [#]	16.16	18.23	40.55	59.48	71.61	79.13	94.18	90.54	99.27	100	96.60	92.72	87.38
真菌性木聚糖酶3 [#]	4.54	5.02	7.39	7.39	7.39	11.90	33.99	60.82	98.81	93.35	100	92.64	90.50
细菌性木聚糖酶4 [#]	4.03	4.83	10.43	16.82	25.36	36.02	62.68	72.01	91.47	93.87	100	100	101.33
细菌性木聚糖酶5 [#]	21.19	17.96	23.81	29.85568	37.11	48.00	70.77	76.42	94.36	94.15	100	94.96	95.36
细菌性木聚糖酶6 [#]	3.91	6.43	9.15	14.97127	22.35	24.68	61.17	67.58	86.99	89.71	100	88.35	102.14

不同的金属离子对阿拉伯木聚糖酶相 对酶活的影响（于旭华和冯定远）

	对照组	铜离子	铁离子	锰离子	锌离子	钙离子	铜铁锰 锌
真菌性木聚糖酶1 [#]	100	90.91	98.52	102.85	96.69	95.14	54.56
真菌性木聚糖酶2 [#]	100	82.64	96.33	101.01	98.86	96.20	77.00
真菌性木聚糖酶3 [#]	100	57.53	78.00	66.58	73.49	77.50	27.30
细菌性木聚糖酶4 [#]	100	66.84	91.87	98.21	84.72	85.37	38.89
细菌性木聚糖酶5 [#]	100	80.88	100.14	97.45	90.80	106.94	46.02
细菌性木聚糖酶6 [#]	100	73.38	90.55	91.41	84.67	83.61	37.69

日粮类型、木聚糖酶种类和剂量

(于旭华和冯定远)

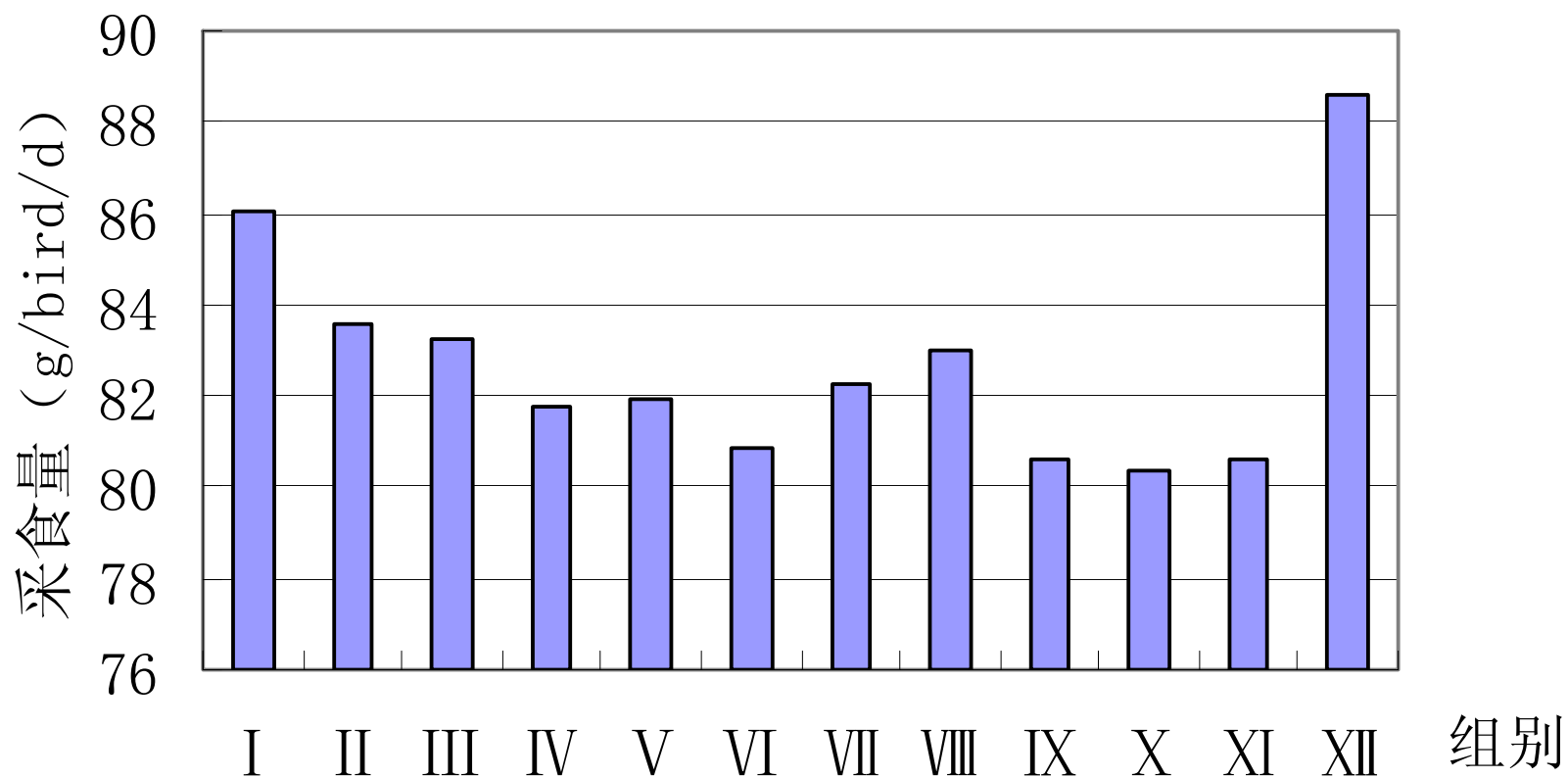
处理	日粮类型	木聚糖酶的添加种类	木聚糖酶 (U/kg)
I	小麦基础日粮	—	—
II	小麦基础日粮	真菌性木聚糖酶1#	150
III	小麦基础日粮	真菌性木聚糖酶2#	150
IV	小麦基础日粮	真菌性木聚糖酶3#	50
V	小麦基础日粮	真菌性木聚糖酶3#	150
VI	小麦基础日粮	真菌性木聚糖酶3#	450
VII	小麦基础日粮	真菌性木聚糖酶3#	1350
VIII	小麦基础日粮	细菌性木聚糖酶4#	50
IX	小麦基础日粮	细菌性木聚糖酶4#	150
X	小麦基础日粮	细菌性木聚糖酶4#	450
XI	小麦基础日粮	细菌性木聚糖酶4#	1350
XII	玉米基础日粮	—	—

木聚糖酶对肉鸡3-6周龄生产性能的影响

(于旭华和冯定远)

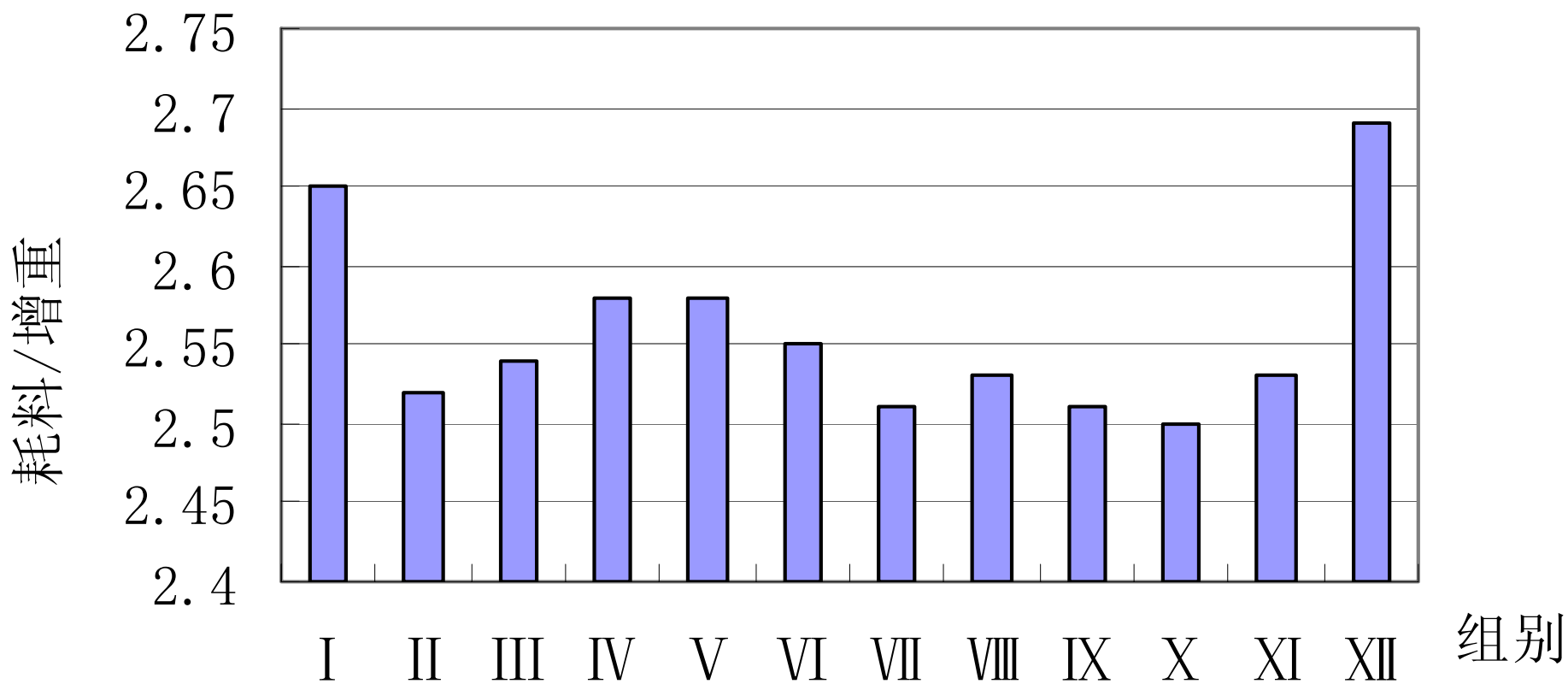
处理	试初均重 (g)	试末均重 (g)	平均日增重 (g/bird/d)	平均日采食量 (g/bird/d)	耗料/增重
I	382.7±2.6	1018.0±3.8 ab	30.8±0.4 ab	70.4±0.6	2.33±0.02
II	387.0±1.2	1032.5±8.7 a	30.6±0.0 a	70.7±0.6	2.30±0.02
III	388.8±4.5	1032.7±9.8 a	29.6±0.5 a	70.4±0.8	2.30±0.01
IV	388.8±2.3	1010.0±10.9 ab	29.0±0.2 ab	70.7±0.8	2.39±0.01
V	391.0±0.6	1000.0±4.9 b	29.2±0.3 b	69.2±0.5	2.38±0.00
VI	391.3±2.4	1008.8±5.7 ab	29.9±0.3 b	69.9±0.3	2.40±0.02
VII	385.5±1.0	1013.0±5.0 ab	30.1±0.2 ab	70.1±0.7	2.35±0.01
VIII	391.3±3.2	1027.0±6.6 ab	29.2±0.3 ab	71.0±0.6	2.36±0.02
IX	389.5±3.0	1003.0±7.6 b	29.1±0.4 b	69.0±1.0	2.36±0.01
X	387.7±1.3	1000.0±6.9 ab	29.6±0.7 b	67.9±0.6	2.33±0.01
XI	391.0±3.1	1012.0±17.4 b	30.2±0.1 ab	69.6±1.2	2.36±0.01
XII	390.3±2.6	1024.5±4.6 ab	35.7±1.1 ab	71.5±0.4	2.37±0.02

木聚糖酶对肉鸡4-9周龄日采食量的影响 (于旭华和冯定远)



木聚糖酶对4-9周龄饲料报酬的影响

(于旭华和冯定远)



木聚糖酶对肉鸡4-9周龄日增重的影响 (于旭华和冯定远)

