



# 饲用酶制剂新技术及应用 研究进展

张民 博士

湖南尤特尔生化有限公司上海研发中心

生物科技 呵护自然



# 目 录

- 非淀粉多糖酶新技术
- 乳仔猪用酶制剂研究进展
- 加酶日粮ENIV系统及应用



# 一、非淀粉多糖酶新技术及应用



## 理想的饲用非淀粉多糖酶的特性

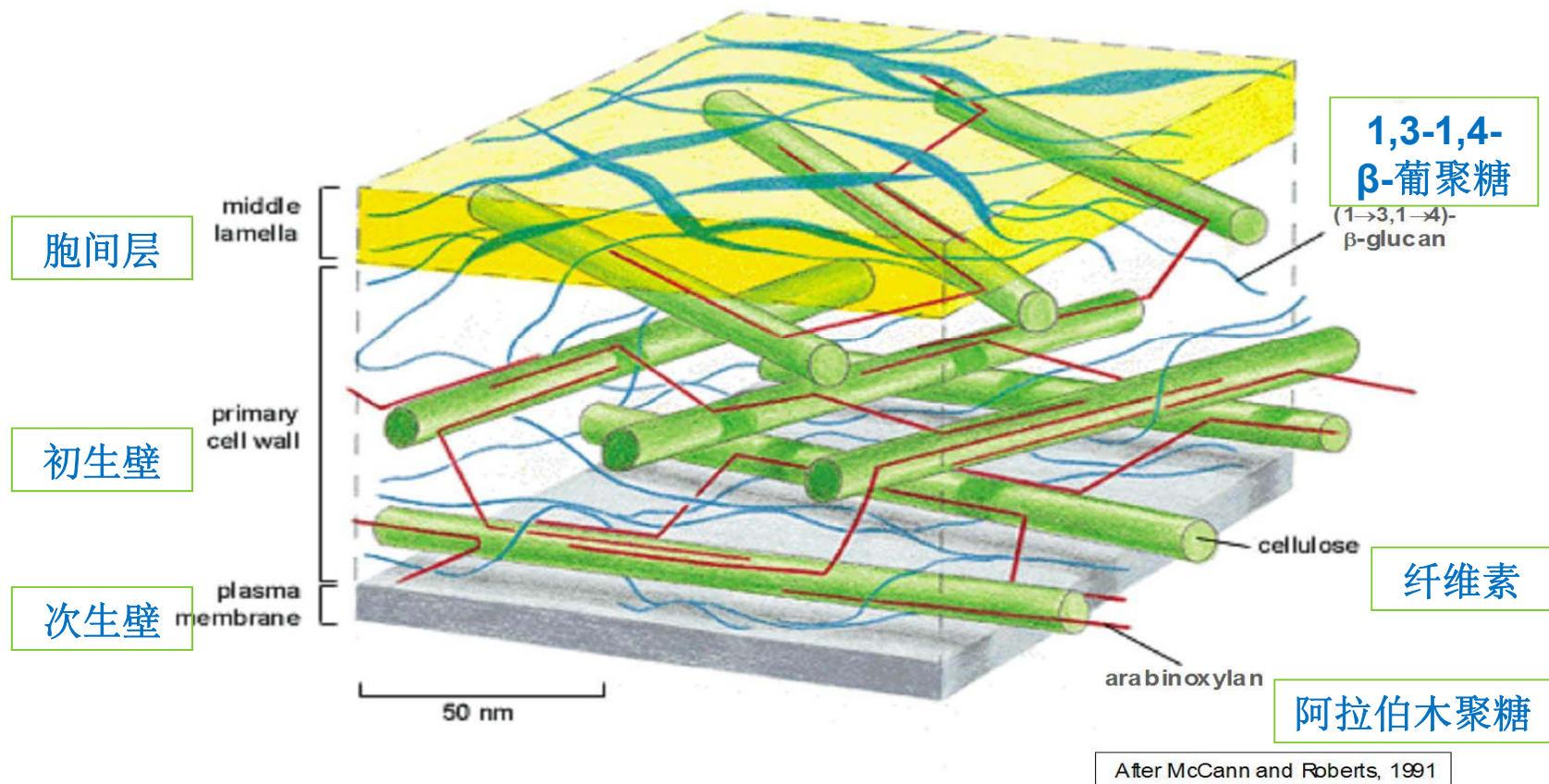
- 酶系的完整性——不同种类酶的复合、不同特性酶的组合, 以有效解决复杂的饲料原料引起的抗营养问题;
- 宽pH范围 (pH 2.5-7.5)——在胃和肠道环境中均有高活力;
- 低pH条件下不失活——良好的耐胃酸性能;
- 耐高温但在生理温度条件下有较高活力;
- 对蛋白酶不敏感——很好耐受胃蛋白酶、胰蛋白酶;
- 对植物抑制剂不敏感——抵抗植物中的抑制蛋白。



# 植物细胞壁的组成

- 植物细胞壁主要成分是纤维素、半纤维素和果胶，由三部分组成：
  - 1、胞间层（中胶层）：为两相邻细胞所共有的一层膜，主要成分为果胶质。
  - 2、初生壁：存在于所有活的植物细胞。位于胞间层内侧，通常较薄，约1~3微米厚，主要成分为纤维素、半纤维素，并有结构蛋白存在。
  - 3、次生壁：位于质膜和初生壁之间。主要成分为纤维素，并常有木质素存在。通常较厚，约5~10微米，而且坚硬，使细胞壁具有很大的机械强度。大部分具次生壁的细胞在成熟时，原生质体死亡。

# 植物细胞壁的结构



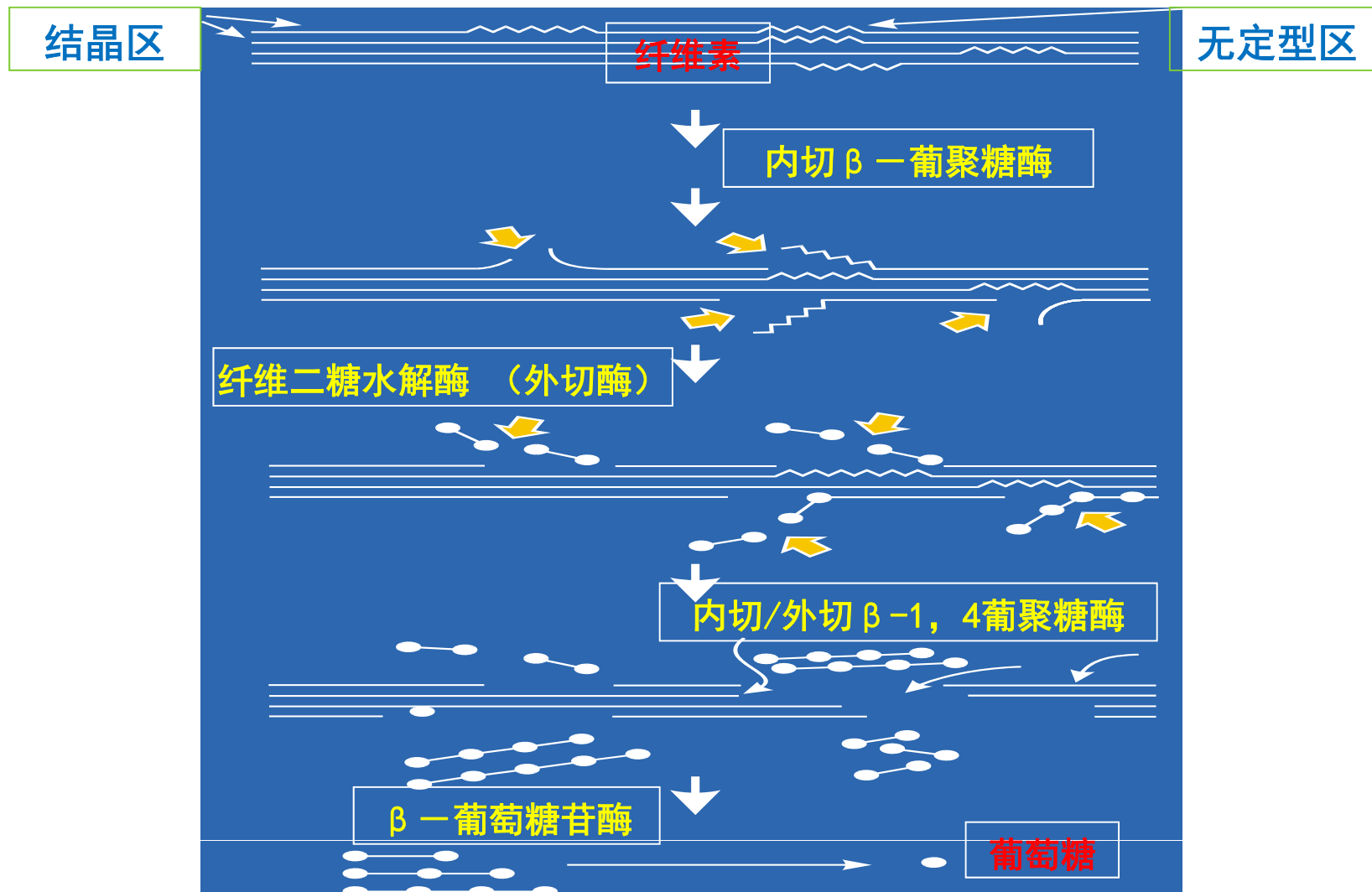


## 纤维素酶系

□ 纤维素酶是指所有参与降解纤维素最终被转化为葡萄糖的各种酶的总称，也称纤维素酶系，由三个酶组成。

- (1) 内切 $\beta$ -葡聚糖酶（**EG**或**CX**纤维素酶），所有纤维素分解菌均能产生该酶，其作用于纤维素分子内部的非结晶区，从高分子聚合物内部任意打开 $\beta$ -1,4糖苷键，产生带非还原性末端的小分子片段。
- (2) 外切 $\beta$ -葡聚糖酶（**CBH**或**C1**纤维素酶），是纤维二糖水解酶，此酶广泛存在于丝状真菌，可降解晶体纤维素，将短链的非还原性末端纤维二糖残基逐个切下。
- (3)  $\beta$ -葡萄糖苷酶（**BG**或纤维二糖酶），此酶广泛存在于微生物中，将纤维二糖水解释成葡萄糖分子。

# 纤维素的酶水解过程







## 新型饲用纤维素酶的特点

- 通过基因重组技术将筛选的产高活力  $\beta$  - 葡萄糖苷酶的基因嵌入到产高活力纤维素酶基因中，得到了即产高活力内切  $\beta$  - 葡聚糖酶和外切  $\beta$  - 葡聚糖酶，又产高活力  $\beta$  - 葡萄糖苷酶的基因。将重组得到的基因转入载体菌中，并使其稳定遗传。

产品名称	纤维素酶CMC活力	$\beta$ - 葡萄糖苷酶活力
普通纤维素酶	7500 IU/mL	55 IU/mL
新型饲用纤维素酶	7718 IU/mL	287 IU/mL
$\beta$ - 葡萄糖苷酶活力提高倍数		5.22倍

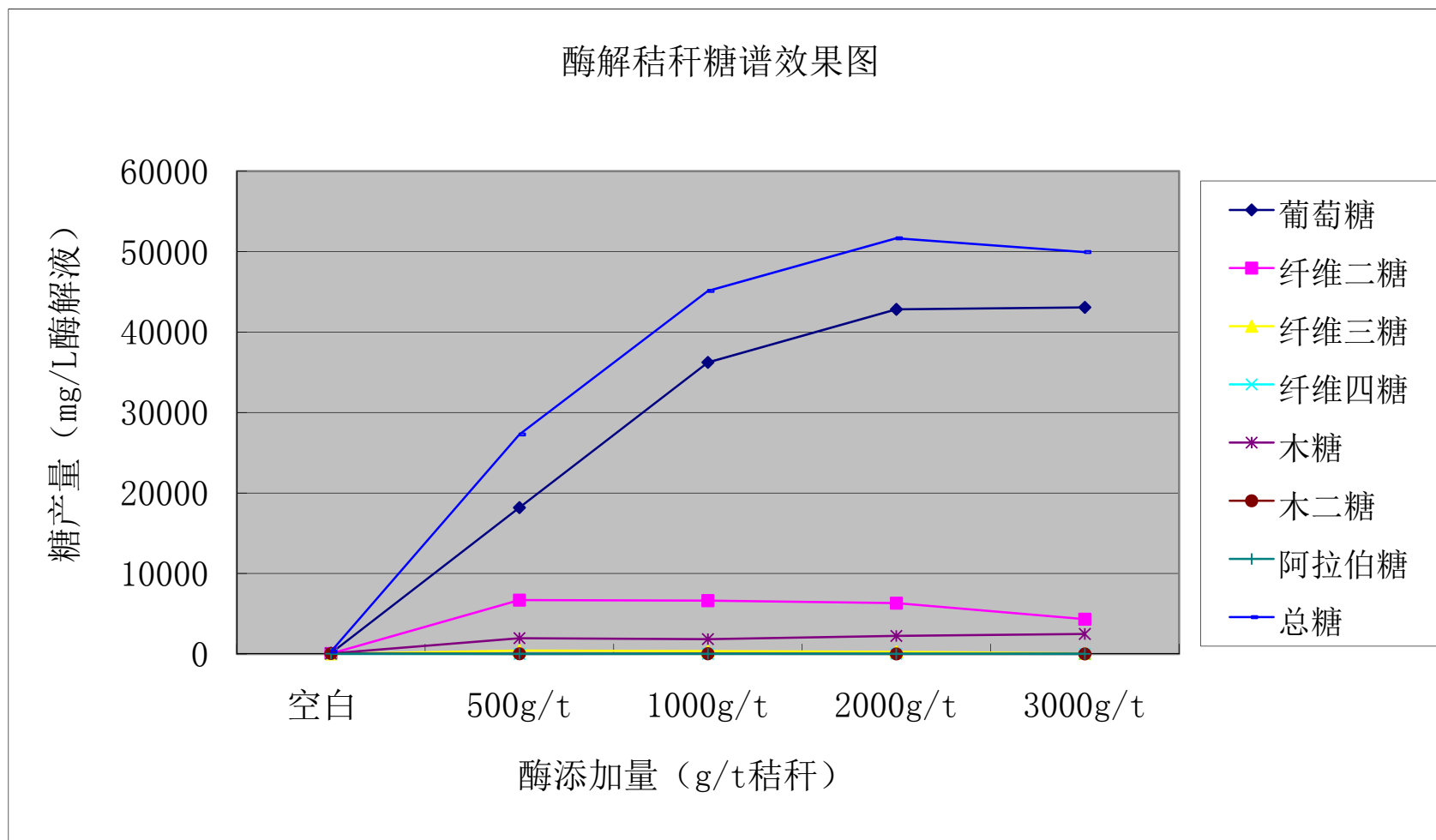


## 两种纤维素酶对玉米秸秆降解效果比较

编 号	普通纤维素酶	新型纤维素酶
每g秸秆干物质CMC加量 (IU)	25	25
对照还原糖量 (mg)	553	579
酶解液还原糖量 (mg)	4158	5254
酶解产生还原糖量 (mg)	3605	4675
玉米秸秆纤维素降解率 (以还原糖计, %)	72.1	93.5

【注】酶解作用条件：**50℃**，**pH4.8**，时间**48h**；秸秆预处理方法：**气爆**。

## 新型纤维素酶降解玉米秸秆后各种糖的含量





## 尤特尔新型纤维素酶对部分原料体外酶解效果

### □ 几种原料的降解效果：

原料名称	模拟胃中粗纤维素降解率 (pH4.8, 37°C, 2h)	模拟小肠中粗纤维素降解率 (pH6.5, 37°C, 2h)	总粗纤维素降解率
细麸皮	22.30%	20.59%	42.89%
麸皮粉碎	22.58%	18.88%	41.46%
胚芽饼粉碎	12.08%	10.94%	23.02%
米糠粕粉碎	13.12%	9.36%	22.48%
柠檬酸渣	12.41%	10.74%	23.15%

【注】添加尤特尔复合酶500g/t：纤维素酶2500 IU/g+木聚糖酶10000IU/g）；



## 饲用纤维素酶的作用

- ❑ 与半纤维素酶一起摧毁植物细胞壁，使细胞壁中包裹的营养物质释放出来，利于动物的消化吸收，提高饲料的消化利用率；这种营养效应可达3-5%。
- ❑ 通过摧毁坚硬的植物细胞壁结构，改善植物性饲料的适口性，减少对幼龄动物肠道的刺激，消除营养性腹泻。
- ❑ 通过把纤维素降解为葡萄糖，为动物提供能量，改善饲料效率；该营养效应可达1-2%。
- ❑ 以前认为纤维素酶在动物中没有效果的原因，主要是普通纤维素酶降解后的糖以寡糖为主，动物不能直接作为能量利用；而且没有考虑到其对植物细胞壁的降解所带来的营养效应。



## 组合型木聚糖酶

### □ 不同的木聚糖酶对来源不同的木聚糖的降解：

底物	木聚糖酶A	木聚糖酶1	木聚糖酶Z
玉米阿拉伯木聚糖	ND	ND	40.8
小麦可溶性木聚糖，高粘度	1420	491	34.3
小麦可溶性木聚糖，低粘度	1220	545	32.5
小麦不可溶性木聚糖	2150	18.9	27.6
燕麦木聚糖	1540	521	48.2
玉米芯木聚糖	1110	537	19.5

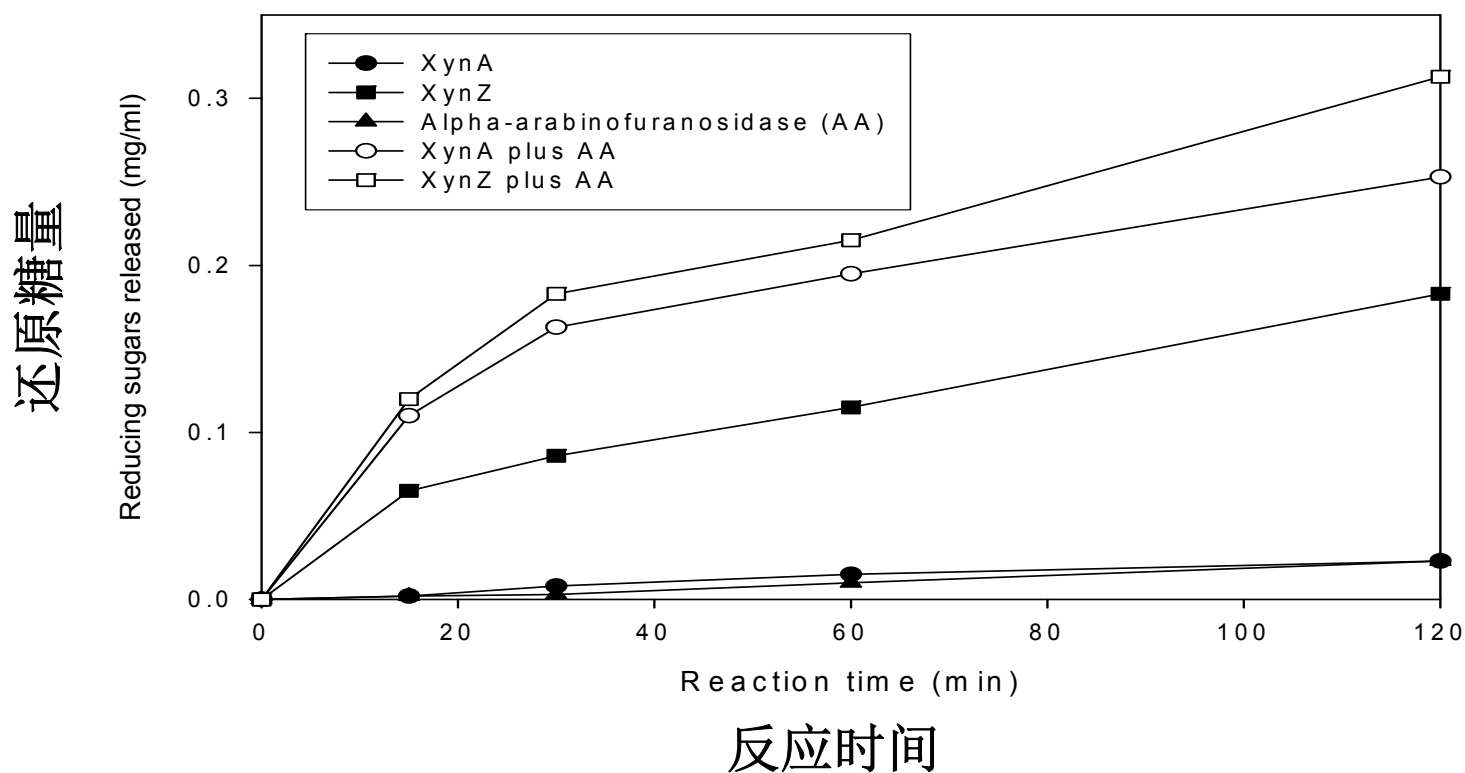
注：反应条件为50℃、pH5.5、底物浓度1.0%（W/V）。

## 组合型木聚糖酶

### 单酶及组合酶降解玉米纤维阿拉伯木聚糖释放还原糖比较：

Release of reducing sugars from CFA X

(AA ——  $\alpha$ -阿拉伯呋喃糖苷酶)





## 组合型木聚糖酶对不溶性底物的高效降解

□ 两种木聚糖酶对可溶和不溶性木聚糖底物的降解能力：

底物	活力( $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mg}$ )	
	木聚糖酶A	木聚糖酶2
可溶性小麦木聚糖	5400	545
不溶性小麦木聚糖	10200	16.5
比例	0.53	33.0





## 组合型木聚糖酶对不溶性底物的高效降解

- 两种木聚糖酶的催化域对不溶性燕麦木聚糖显现的吸附力不同：

木聚糖酶	吸附 (%)	自由 (%)
木聚糖酶2	64.5	35.5
木聚糖酶A	<1.0	>99.0



## 组合型木聚糖酶对不溶性底物的高效降解

□ 尤特尔木聚糖酶能高效降解不溶性底物:

酶来源 \ 底物	燕麦木聚糖	可溶性木聚糖	不溶性木聚糖
	酶活 (IU/g)	酶活 (IU/g)	酶活 (IU/g)
尤特尔木聚糖酶	10000	35622	2420
普通木聚糖酶A	10000	17031	1093
普通木聚糖酶B	10000	9706	1083
普通木聚糖酶C	10000	11711	1518



## 色源底物法测定内切木聚糖酶活力

### □ 木聚糖的降解过程：

- 木聚糖降解时，起主要作用的酶是  $\beta$ -D-1, 4内切木聚糖酶和  $\beta$ -D-1, 4外切木糖苷酶。
- $\beta$ -D-1, 4内切木聚糖酶以内切方式作用于木聚糖主链内部的  $\beta$ -1, 4木糖苷键，其主要水解产物为低聚木糖、木寡糖、木二糖等；
- $\beta$ -D-1, 4外切木糖苷酶通过水解低聚木糖、木寡糖等的非还原性末端来催化释放木糖残基。



## 色源底物法测定内切木聚糖酶活力

- **测定原理:**

通过将蓝铜矿胶连染色的小麦阿拉伯木聚糖与木聚糖酶一起孵化，底物被降解为低分子量的染色片段，向反应液中加入甲基化酒精，低分子量的染色片段仍然保留在溶液中，通过离心可将高分子量底物除去，将上清液比色。根据标准曲线计算内切木聚糖酶活力。

- **酶活定义:**

在50℃和pH6.5条件下，在1mL反应体积中，反应15min，反应液中蓝色可溶片段（595nm检测）的释放速率跟1IU标准酶的释放速率相同，即定义为1U内切酶活力。



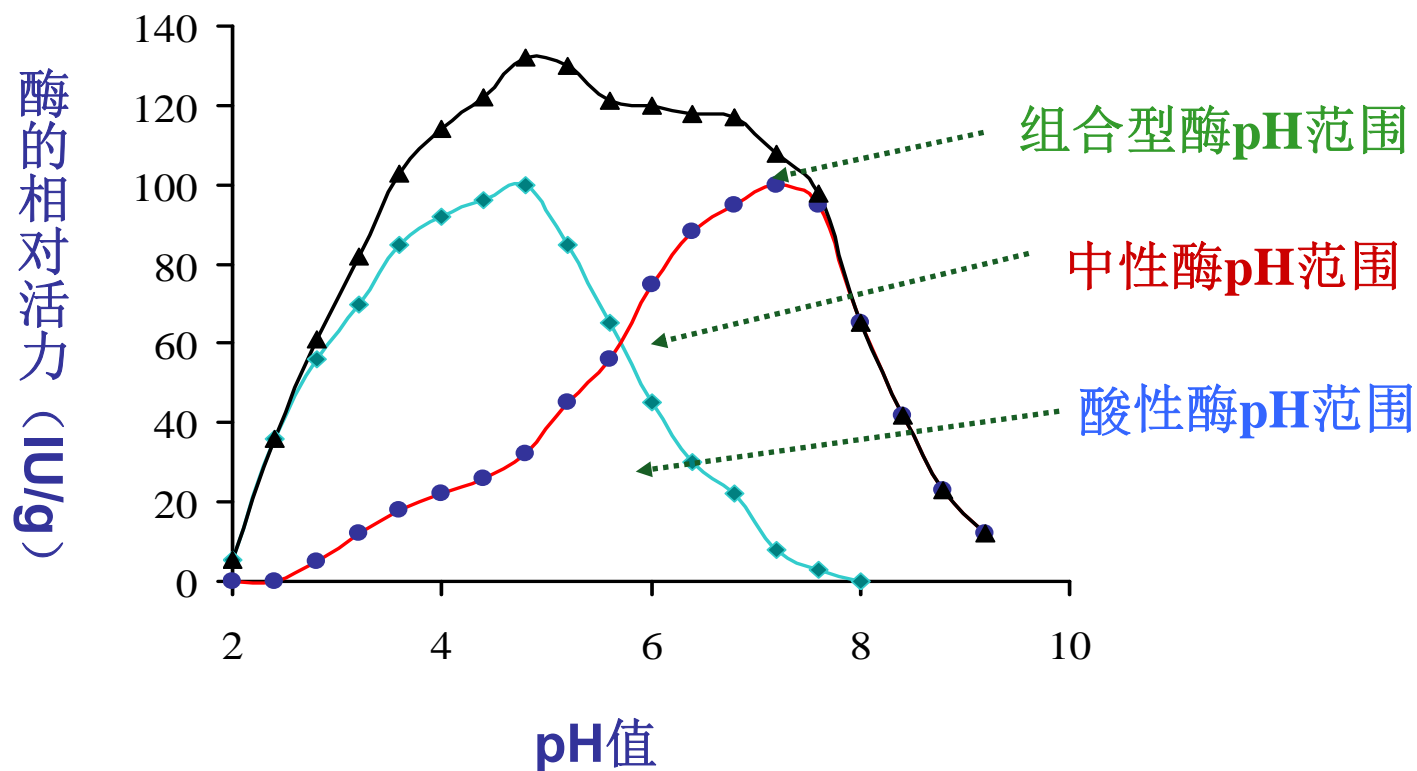
## 组合型木聚糖酶的内切酶活力显著提升

### □ 尤特尔木聚糖酶内切活力的测定:

酶的来源	DNS法测定	色原底物法测定 内切木聚糖酶活性
	酶活 (IU/g)	酶活 (U/g)
尤特尔木聚糖酶	10000	4660
普通木聚糖酶A	10000	3096
普通木聚糖酶B	10000	1794
普通木聚糖酶C	10000	2169

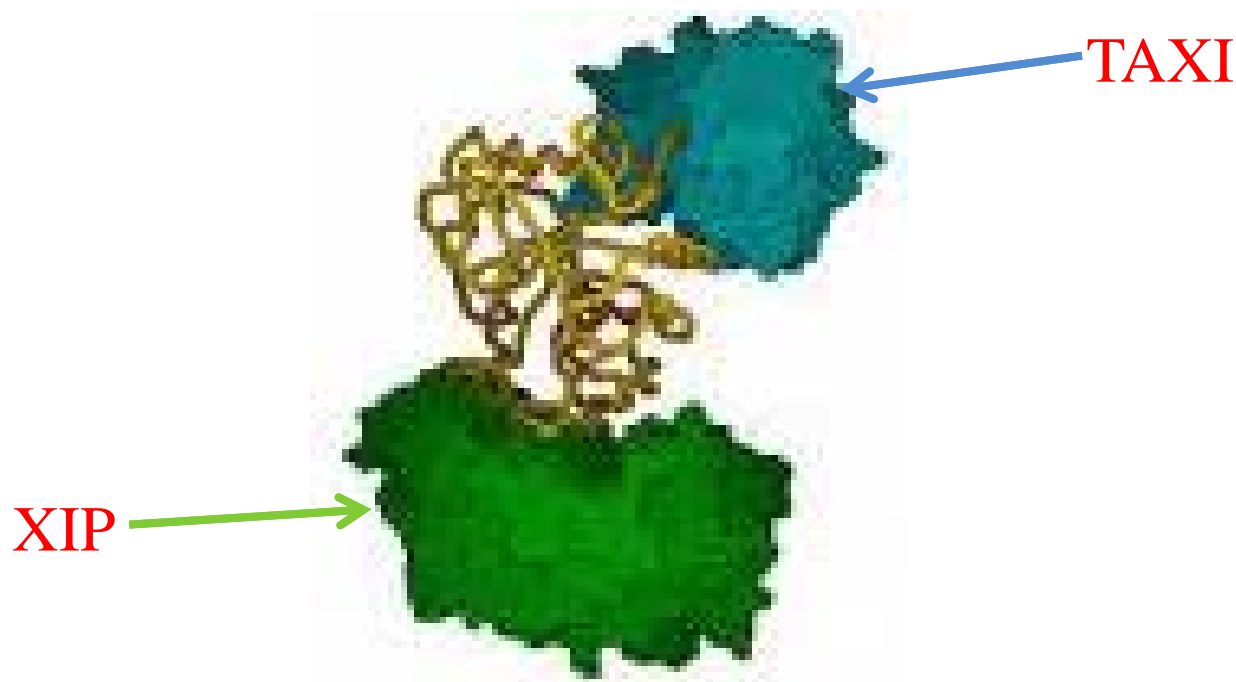
## 尤特尔非淀粉多糖酶有更宽广的pH范围

- 通过组合酶技术增加酶的适用pH范围：



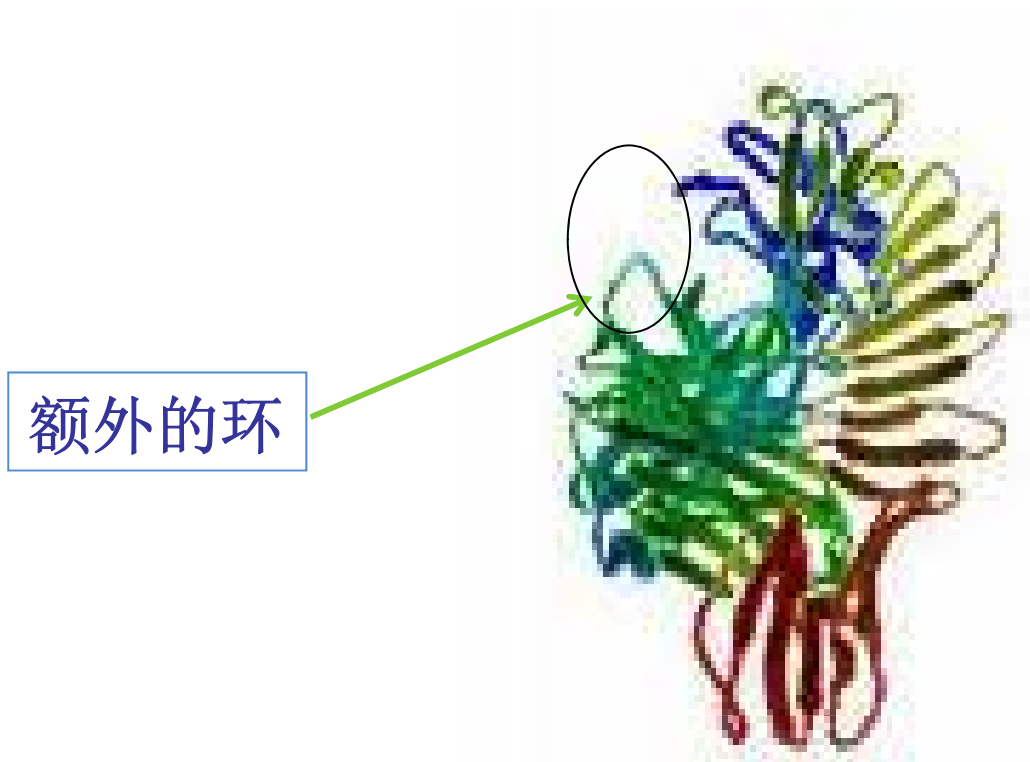
## 木聚糖酶抑制蛋白屏蔽技术

- 玉米和小麦中含有抑制非淀粉多糖酶的蛋白：
  - XIP (Xylanase inhibitor protein)
  - TAXI (*Triticum aestivum* xylanase inhibitor)



## 木聚糖酶抑制蛋白屏蔽技术

- 抑制蛋白XIP屏蔽技术——在结合部位增加额外的环

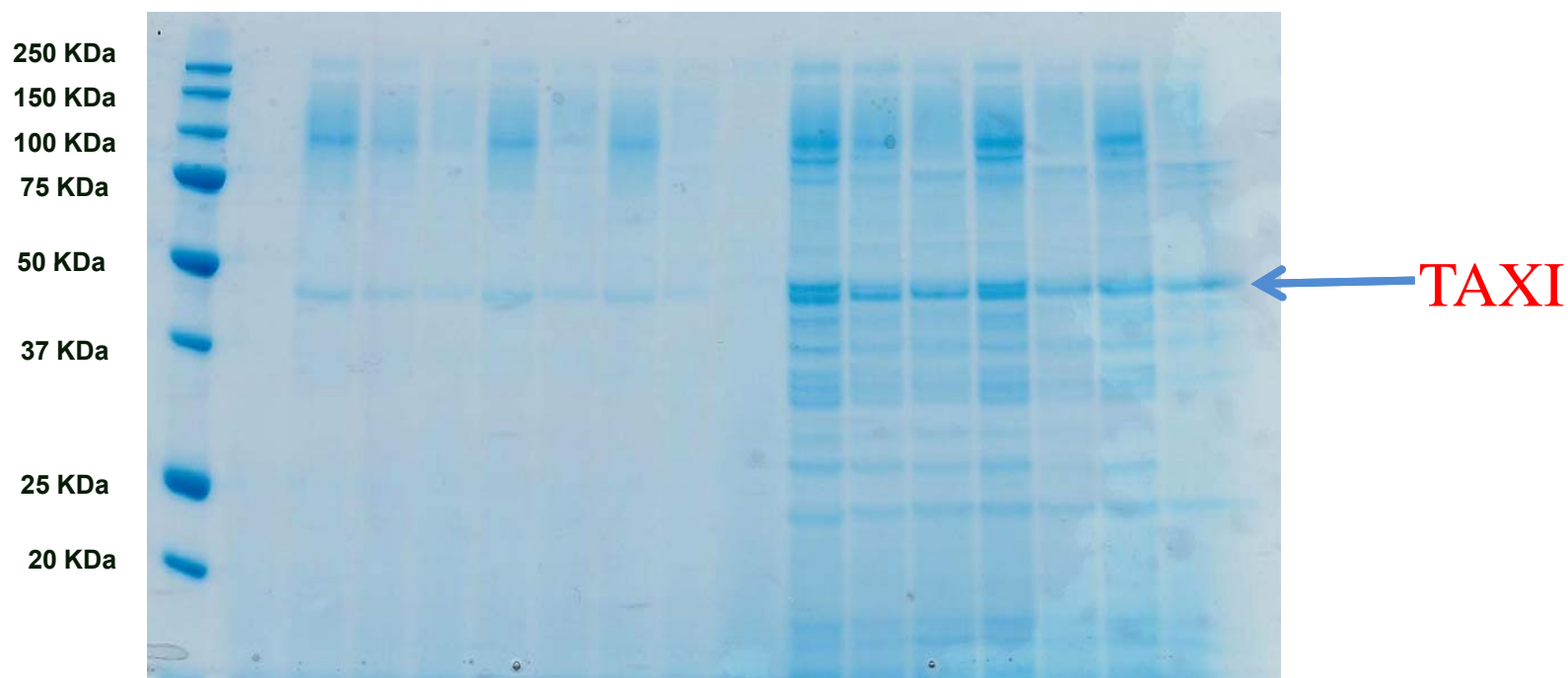




## 木聚糖酶抑制蛋白屏蔽技术

### 抑制蛋白TAXI屏蔽技术——筛选对TAXI不敏感の木聚糖酶

➤ 小麦木聚糖酶抑制蛋白**TAXI**在毕赤酵母中表达分析：





## 木聚糖酶抑制蛋白屏蔽技术

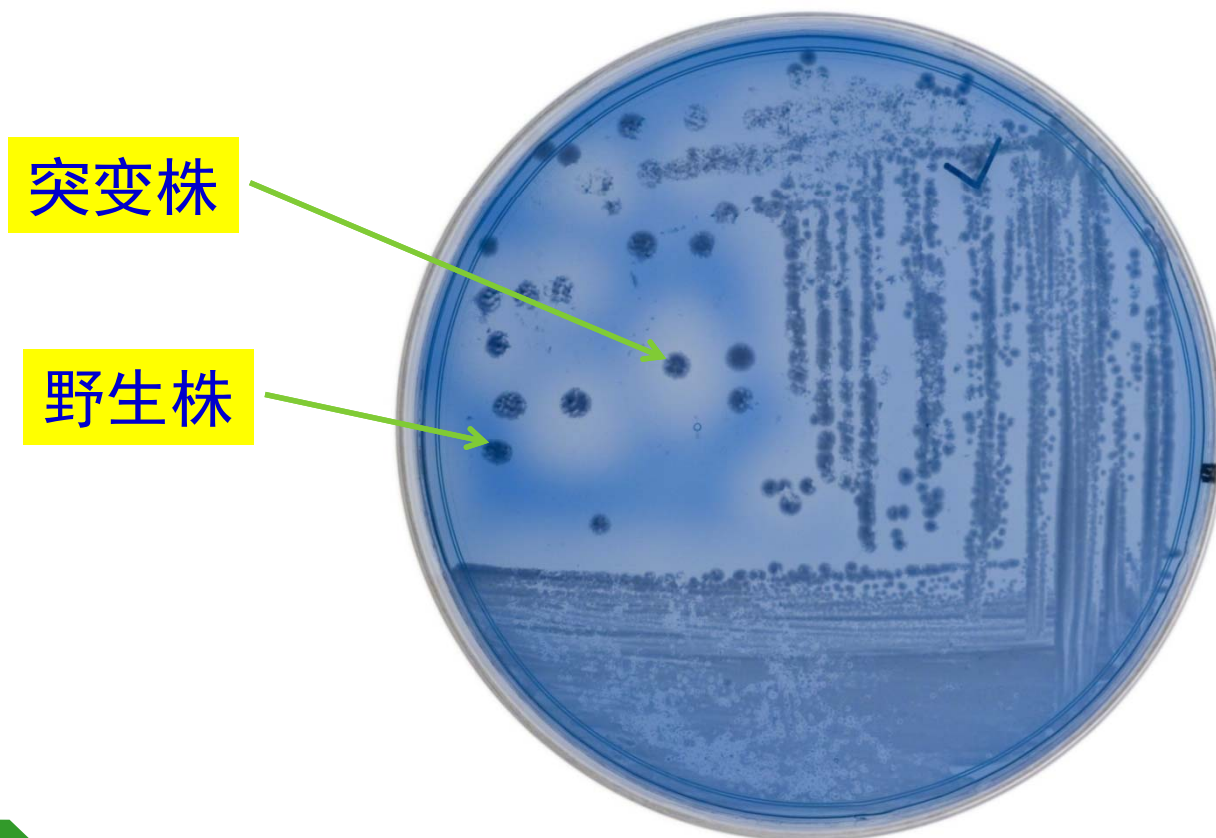
➤ 对小麦木聚糖酶抑制蛋白**TAXI**不敏感的木聚糖酶筛选：

在不同**TAXI**浓度下木聚糖酶的活力比较表（IU/mg）：

木聚糖酶	多糖水解酶家族	抑制蛋白TAXI浓度（mg/ml）		
		0	0.1	0.5
木聚糖酶2	11	1240	135	27
木聚糖酶A	11	5200	5150	5240
木聚糖酶Z	10	125	115	123

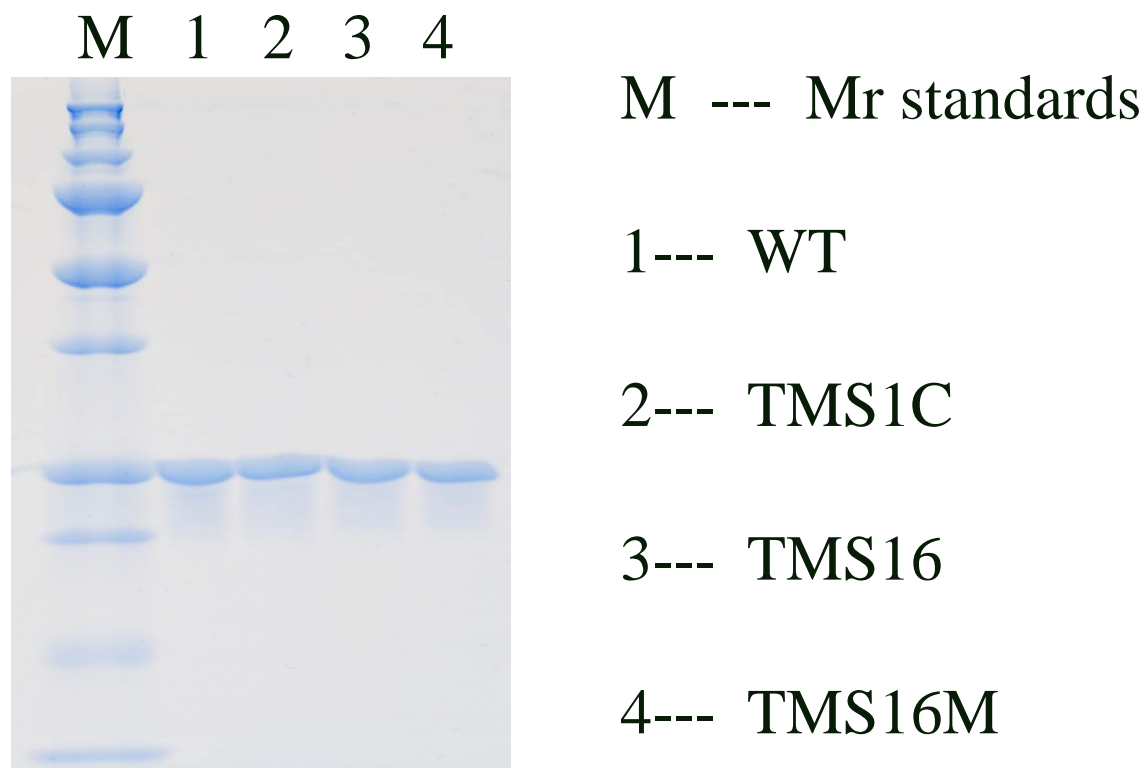
## 非淀粉多糖酶耐高温菌株的选育

- 随机突变选择的耐热性木聚糖酶突变株：



## 非淀粉多糖酶耐高温菌株的选育

- 用SDS-PAGE分析木聚糖酶和突变株:



## 非淀粉多糖酶耐高温菌株的选育

### □ 木聚糖酶及其突变株产酶活力及变性温度：

酶种	40°C活力 [ $k_{\text{cat}}$ ( $\text{s}^{-1}$ )]	变性温度 (°C)
WT	3080	61.5
TMS1C	1090	65.2
TMS16	3930	65.8
TMS16M	1870	66.0

## 非淀粉多糖酶耐高温菌株的选育

### □ 木聚糖酶及其突变株产酶的热耐受性：

酶种	预保温时间1min后酶活力保持率（%）	
	60℃/1min	90℃/ 1min
WT	73	30
TMS1C	98	74
TMS16	100	78
TMS16M	100	92



## 二、乳仔猪用酶制剂研究进展

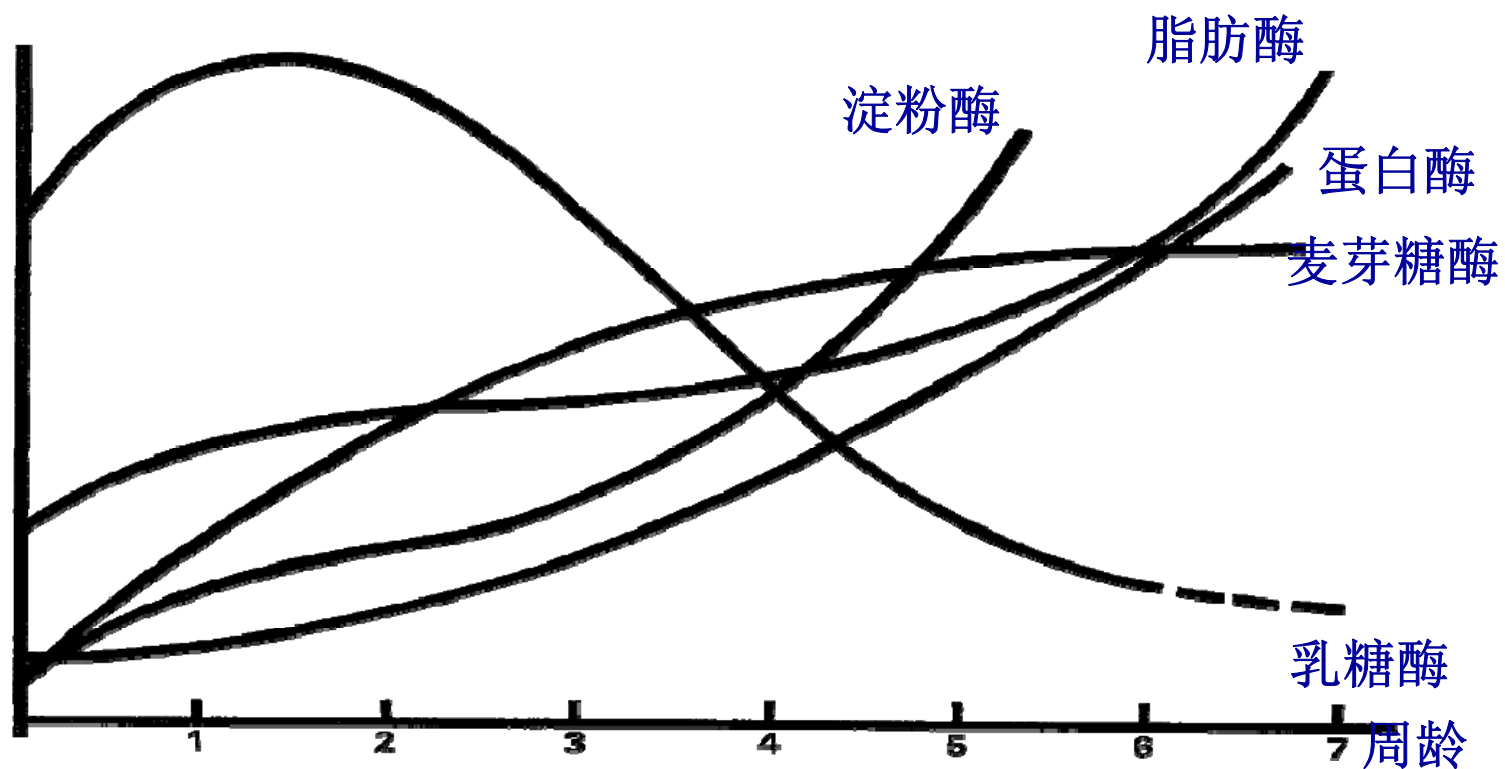


## 乳猪的消化生理与营养需要特点

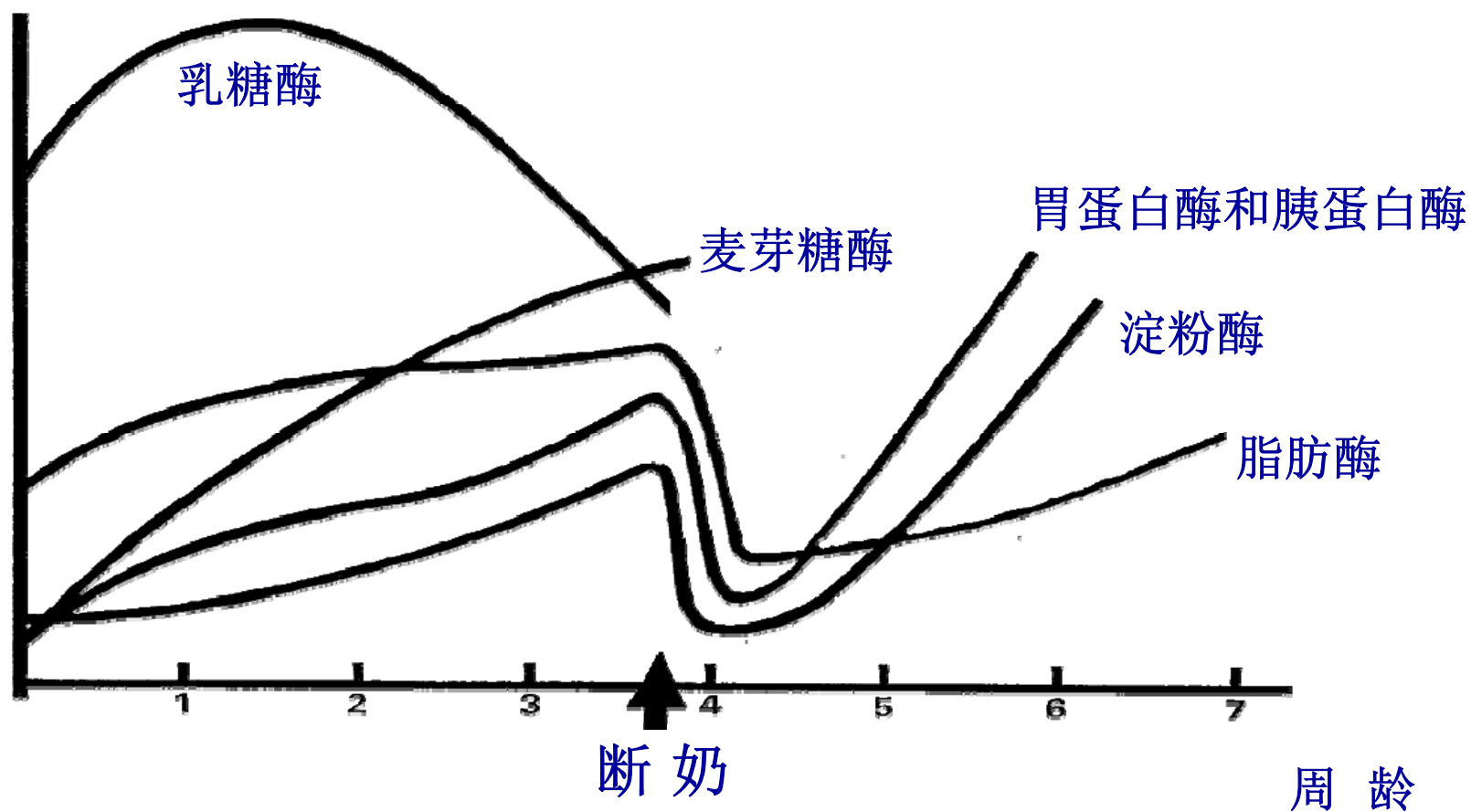
- 消化道发育不完善（胃、肠）
- 消化酶分泌不足
- 免疫力弱、抵抗力差
- 心理、饲料、营养、环境等应激大
- 在相对较高的温度下养分代谢快
  
- 其生长需要高能量、高蛋白等养分
- 但对脂肪、蛋白、淀粉等消化率低



## 乳猪周龄和消化酶活力变化趋势



## 断奶应激对仔猪消化酶活力的影响





## 外源添加微生物脂肪酶的动物营养效应

- 弥补内源脂肪酶不足，促进脂肪消化吸收；
- 提高饲料脂肪消化利用率；
- 减少仔猪断奶应激,降低仔猪营养性腹泻率；
- 与油脂协同作用，抑制肠道内有害病菌繁殖，减少仔猪消化道疾病，提高仔猪成活率；

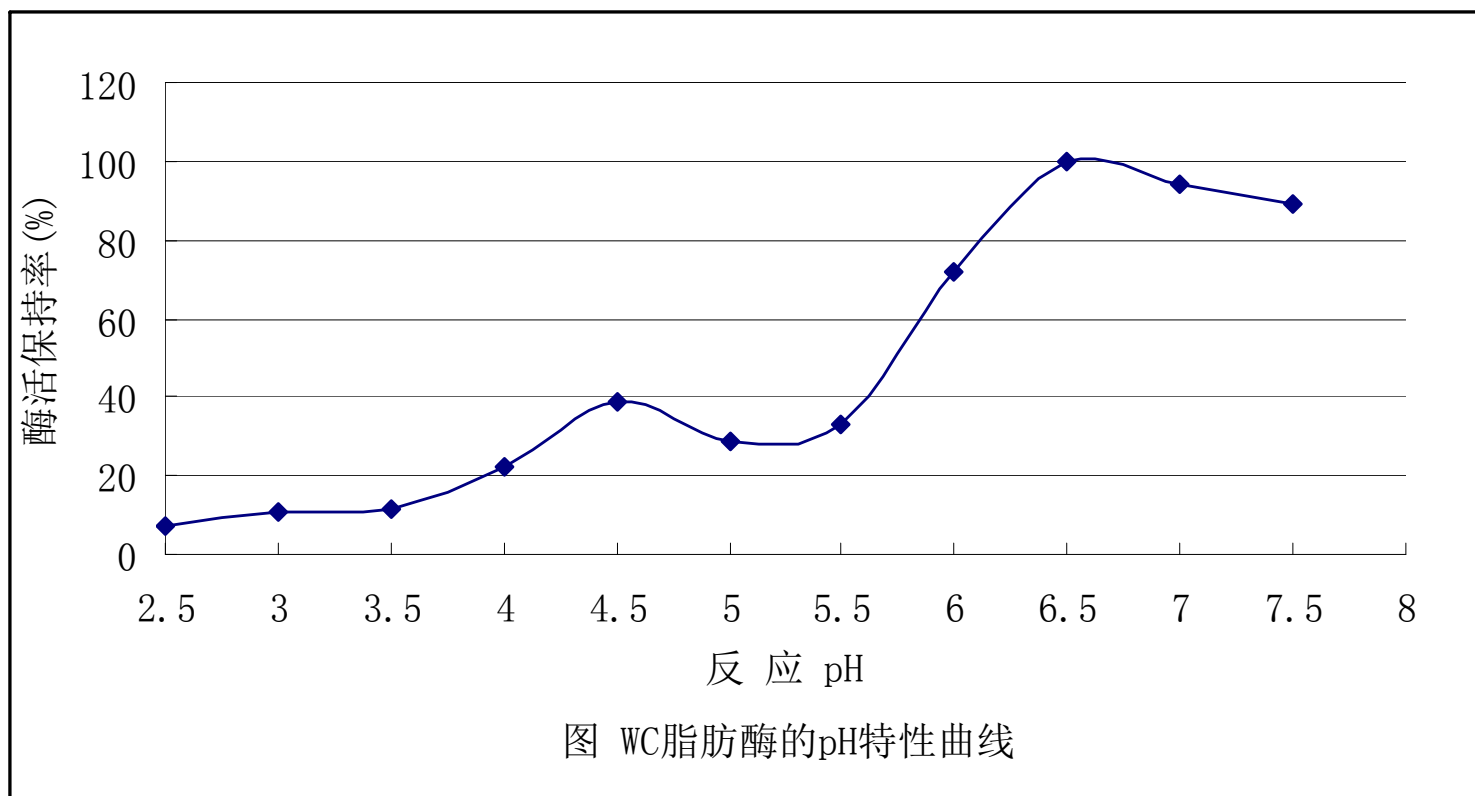
Dierick 等(2002、2003、2004)利用含有中链脂肪酸的油脂和脂肪酶的协同作用，在模拟胃环境(37 °C、pH 值3~6、3 h)下的组合水解试验表明，适量添加脂肪酶能部分释放中链脂肪酸。进一步的研究表明，这些中链脂肪酸能够调节和稳定胃肠道微生物群系，对有害微生物的生长具有显著的抑制作用。



## 尤特尔脂肪酶的来源

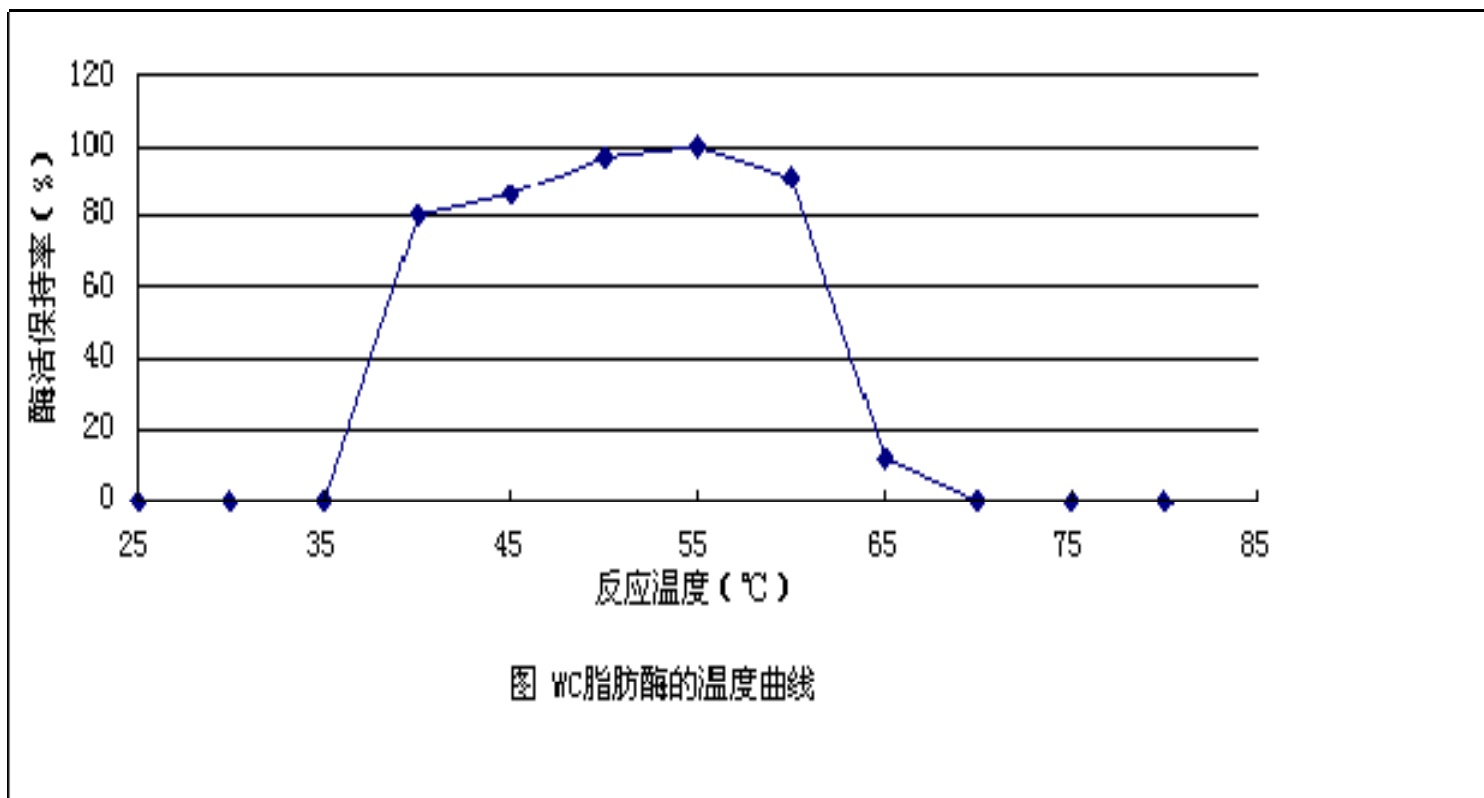
- ❑ 尤特尔脂肪酶来自于一种疏棉状嗜热丝孢菌，并在里氏木霉中高效表达，为GRAS级别【美国食品和药品管理局(FDA)的食品最高级别安全认证】；
- ❑ 已广泛应用于面粉改良、面包、饼干等烘焙行业；
- ❑ 由于其生产基因源自一种嗜热菌，故对高温有一定的耐受性，适于添加到颗粒饲料中使用，在80℃、30S，液体状态下酶活留存率65%以上；
- ❑ 其基因和制备方法在国内已经申请专利，专利号：ZL 2012 1 0097467.3；

## 尤特尔脂肪酶pH特性曲线



◆ 最适作用pH值6.5 ~ 7.5，酶活保持在90%以上。

## 尤特尔脂肪酶温度特性曲线



◆ 最适作用温度40 ~ 60°C，酶活保持在80%以上。



## 尤特尔脂肪酶在断奶仔猪日粮中的应用效果

### □ 实验设计:

采用单因子试验设计，选择100头胎次相近、健康的 $28 \pm 1$ 日龄杜×大×长三元断奶仔猪，随机分为4个处理，每处理5个重复，每重复5头猪。试验在湖南省畜牧兽医研究所试验猪场进行，试验期32d。

实验分组	日粮复合酶添加水平	日粮脂肪酶添加水平
对照组	基础日粮	基础日粮
实验A组	基础日粮+FE908酶 500g	0
实验B组	基础日粮+FE908酶 500g	2000U/g脂肪酶500g
实验C组	基础日粮+FE908酶 500g	4000U/g脂肪酶500g



## 基础日粮组成及营养水平（风干基础，%）

原料名称	配比	营养成分	含量
东北玉米	59.80	猪消化能 Mcal/kg	3.40
膨化大豆	8.00	粗蛋白质	19.38
大米蛋白粉	4.00	粗脂肪	5.36
大豆粕	16.00	粗纤维	2.33
进口鱼粉	3.00	粗灰分	4.95
乳清粉	3.00	钙	0.80
大豆油	2.00	总磷	0.62
磷酸氢钙	1.20	非植酸磷	0.44
石粉	0.80	赖氨酸	1.27
食盐	0.32	蛋氨酸	0.39
蛋氨酸 99%	0.04	胱氨酸	0.33
L-赖氨酸盐酸盐 98%	0.36	蛋胱氨酸	0.72
L-苏氨酸 99%	0.08	苏氨酸	0.79
预混料*	1.00	色氨酸	0.21
合计	100.00		





□ 尤特尔脂肪酶对断奶仔猪生长性能的影响:

项目	对照组	试验A组	试验B组	试验C组
始重 (kg)	8.49 ± 0.05	8.52 ± 0.05	8.52 ± 0.09	8.48 ± 0.09
末重 (kg)	19.09 ± 3.48	19.48 ± 1.00	20.34 ± 0.93	19.65 ± 1.38
平均日采食量 (g/d)	618.91 ± 66.07	653.44 ± 65.47	657.81 ± 39.11	640.63 ± 31.25
平均日增重 (g/d)	331.33 ± 108.29	342.50 ± 32.27	369.53 ± 29.53	348.98 ± 45.76
料重比	2.09 ± 0.94	1.94 ± 0.41	1.78 ± 0.05	1.86 ± 0.25
腹泻率 (%)	6.88 ± 2.91	4.06 ± 3.08	3.59 ± 2.07	6.56 ± 5.03
死淘率 (%)	15.00	0	0	10.00



□ 尤特尔脂肪酶对断奶仔猪养分消化率的影响：

项目	对照组	试验A组	试验B组	试验C组
干物质	65.97 ± 1.30 <sup>d</sup>	71.67 ± 5.27 <sup>c</sup>	77.57 ± 1.82 <sup>b</sup>	82.30 ± 0.76 <sup>a</sup>
粗蛋白质	65.81 ± 2.82 <sup>b</sup>	67.99 ± 2.61 <sup>b</sup>	76.77 ± 4.49 <sup>a</sup>	77.99 ± 2.17 <sup>a</sup>
粗脂肪	45.67 ± 8.50 <sup>b</sup>	58.97 ± 3.90 <sup>a</sup>	64.57 ± 4.35 <sup>a</sup>	65.39 ± 1.36 <sup>a</sup>
能量	68.05 ± 2.35 <sup>d</sup>	74.81 ± 1.96 <sup>c</sup>	79.29 ± 0.91 <sup>b</sup>	83.39 ± 0.35 <sup>a</sup>
表观消化能 (MJ/kg)	10.51 ± 0.36 <sup>d</sup>	11.56 ± 0.30 <sup>c</sup>	12.25 ± 0.14 <sup>b</sup>	12.88 ± 0.05 <sup>a</sup>



□ 尤特尔脂肪酶对断奶仔猪血液生化指标的影响：

项目	对照组	试验A组	试验B组	试验C组
葡萄糖 (mmol/L)	5.58 ± 0.36	4.52 ± 1.10	4.30 ± 1.57	3.81 ± 1.62
甘油三酯 (mmol/L)	0.95 ± 0.37	0.78 ± 0.48	0.98 ± 0.35	0.87 ± 0.27
胆固醇 (mmol/L)	2.73 ± 0.20 <sup>Aa</sup>	2.09 ± 0.21 <sup>Bc</sup>	2.62 ± 0.22 <sup>Aab</sup>	2.37 ± 0.18 <sup>ABbc</sup>
游离脂肪酸 (μmol/L)	403.18 ± 89.13	337.43 ± 174.95	455.20 ± 106.73	459.54 ± 192.57



## 结 论

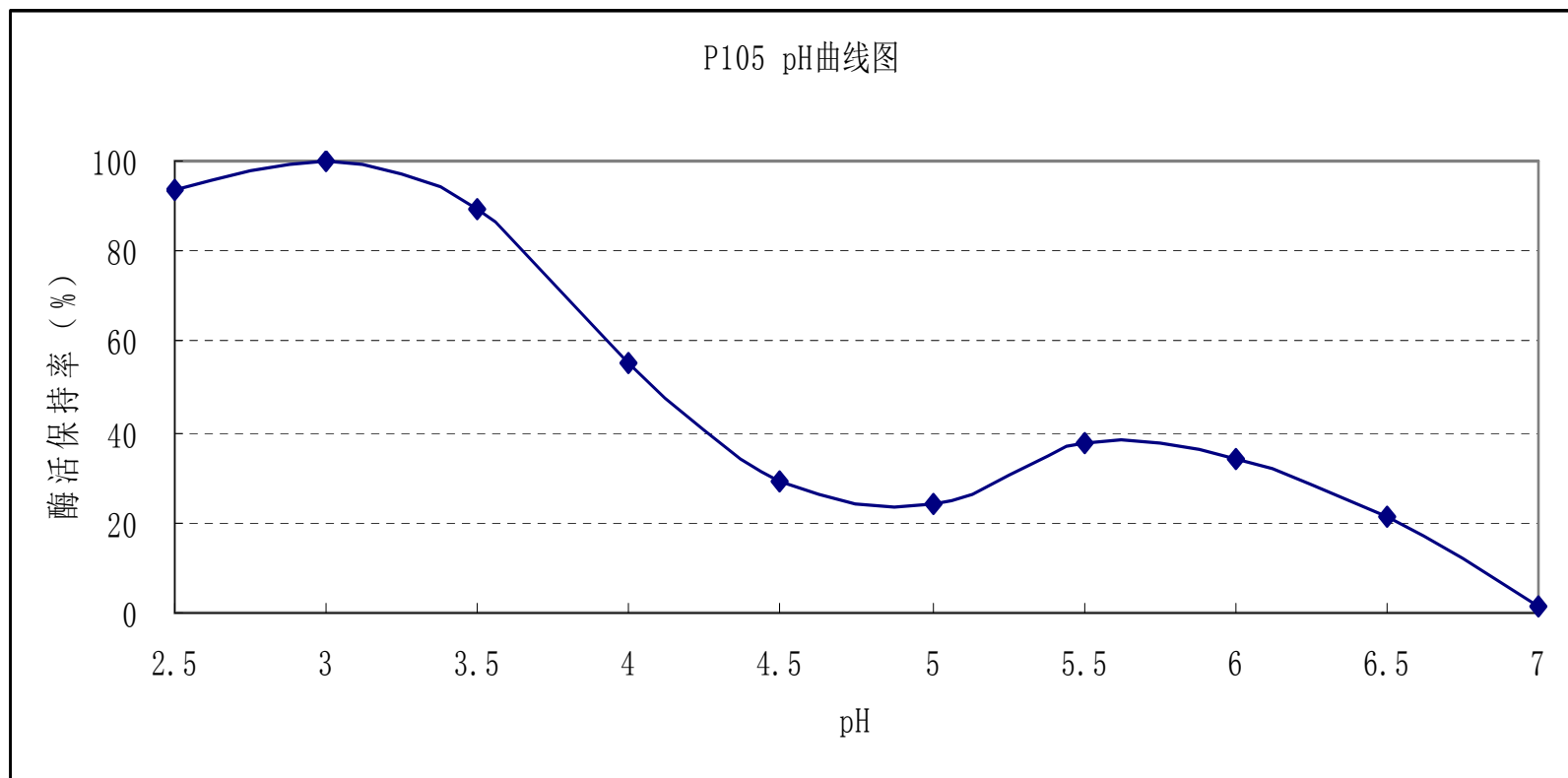
- 饲料中添加脂肪酶可以提高断奶仔猪末重、平均日增重和饲料转化率，并降低腹泻率和死淘率。
- 饲料中添加脂肪酶可显著提高断奶仔猪日粮的干物质、粗蛋白质、粗脂肪和能量表观消化率。
- 随着饲料中脂肪酶添加水平的提高，仔猪对葡萄糖的消化、转运、利用加快，因而对能量的利用也相应越高。
- 饲料中添加脂肪酶，可以显著提高脂肪在体内的消化率和利用率。



## 尤特尔蛋白酶的来源及特性

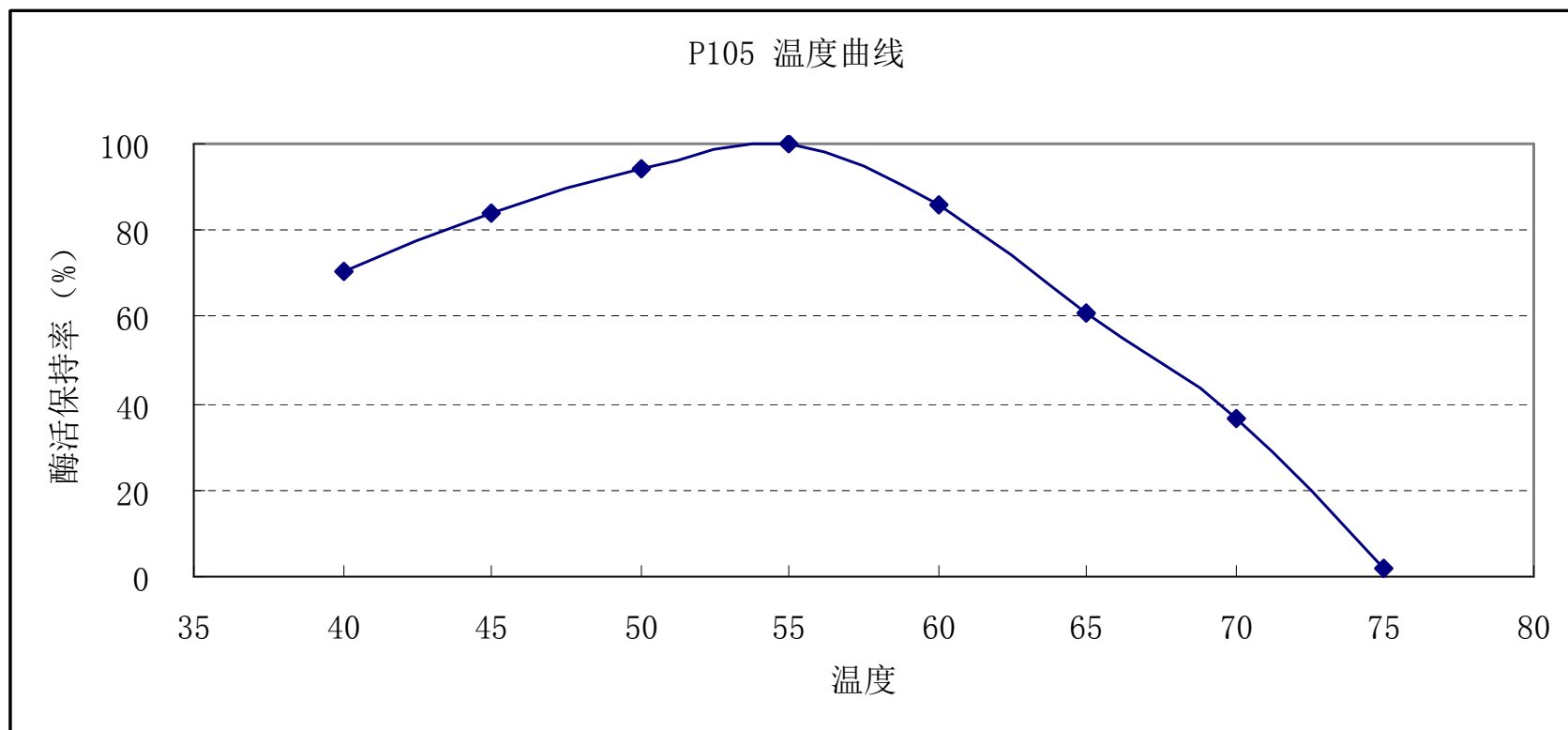
- 尤特尔蛋白酶来源于黑曲霉，在里氏木霉中高效表达，为GRAS级别；
- 已用于啤酒、酿造等食品行业；
- 有良好的高温耐受性，适于添加到颗粒饲料中使用，在80℃、30S，液体状态下酶活留存率70%以上；

## 尤特尔蛋白酶的pH曲线



◆ 该蛋白酶的最适pH为2.5-3.5，在pH5.5-6.0时酶活仍保持40%左右。

## 尤特尔蛋白酶的温度曲线



◆ 该蛋白酶的最适温度为55℃，在40℃~60℃酶活保持率在70%以上。

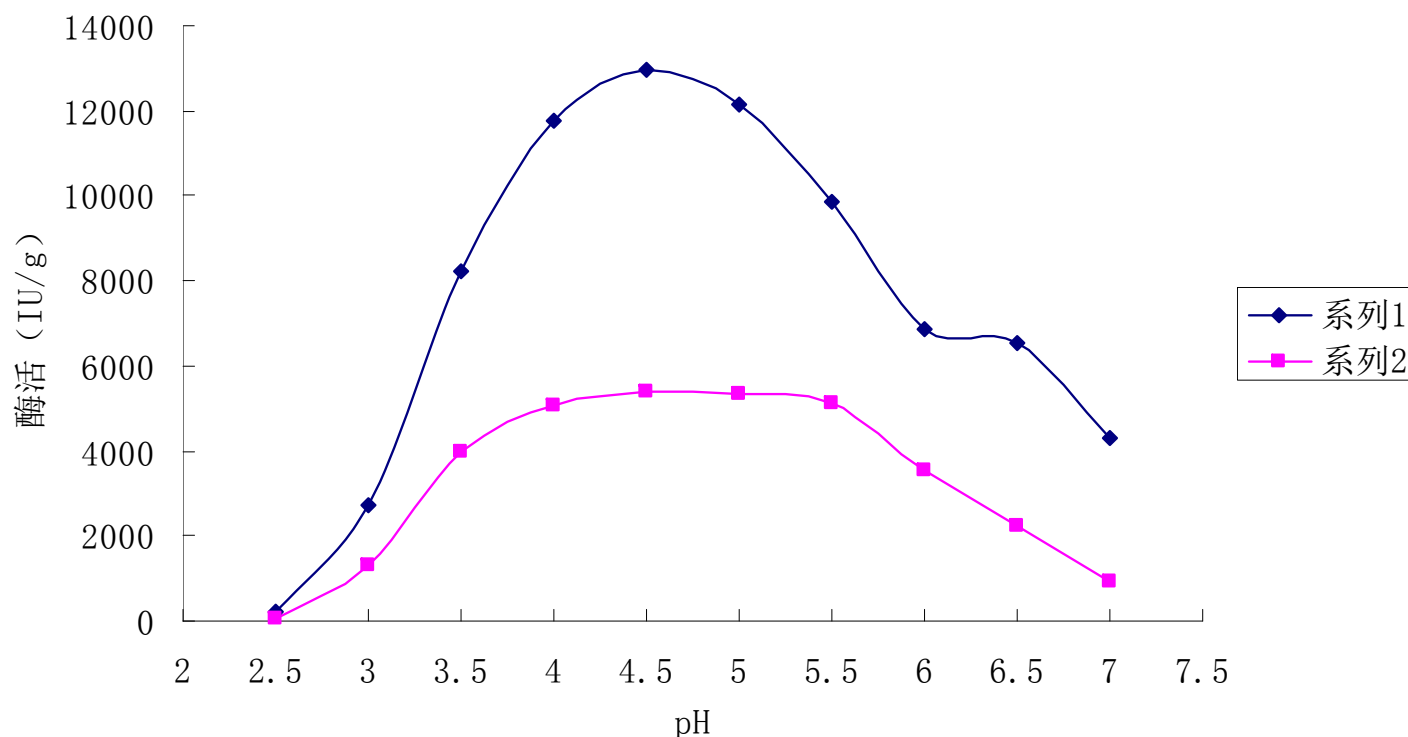


## 尤特尔乳糖酶的来源及特性

- ❑ 尤特尔乳糖酶目前有两种：乳糖酶1来源于木霉，乳糖酶2来源于黑曲霉，均为GRAS级别；
- ❑ 有一定的温度耐受性，可以添加到乳仔猪颗粒饲料中使用，在80℃、30S，液体状态下酶活留存率60%以上；
- ❑ 可以有效缓解乳仔猪在3-4周龄由于内源乳糖酶快速下降而引起的乳糖消化率降低的问题。

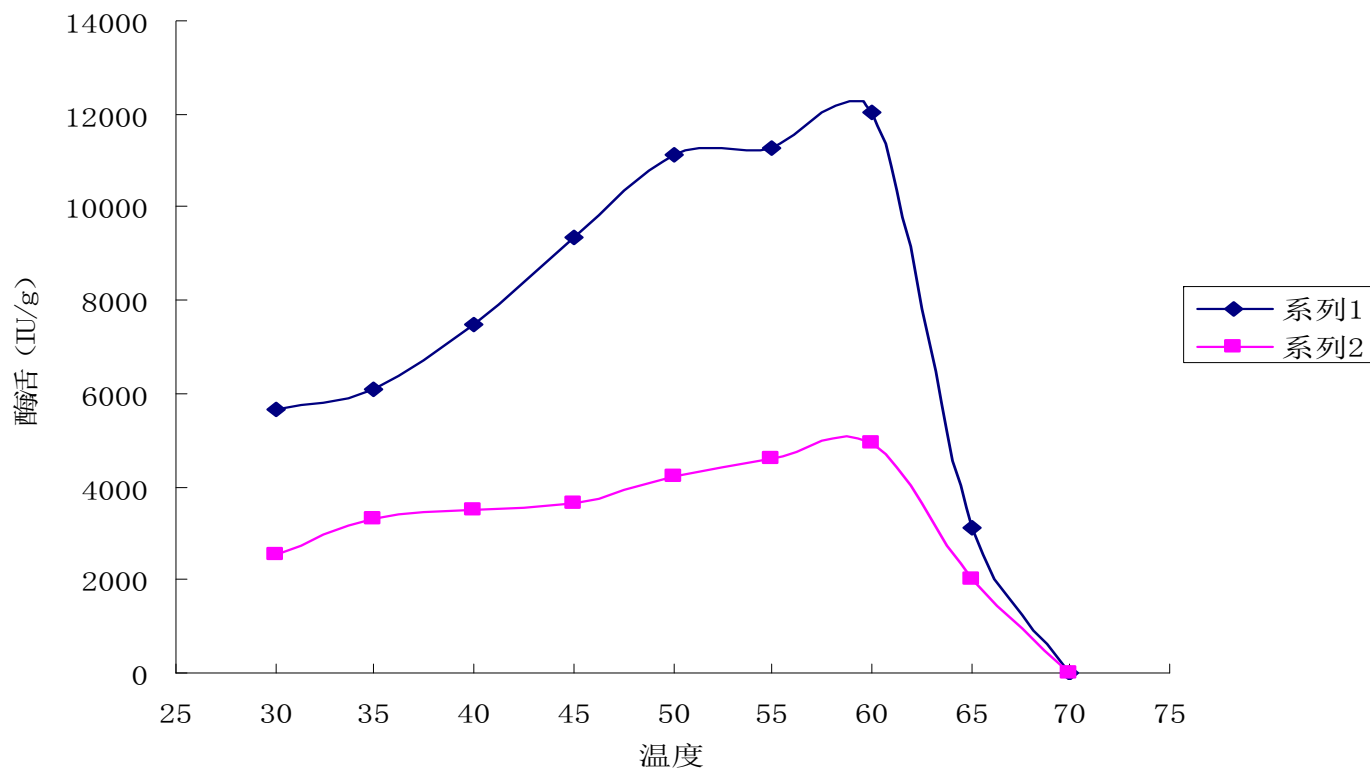


## 两种乳糖酶的pH曲线



- ◆ 乳糖酶1和乳糖酶2最适pH都是4.5，乳糖酶1在pH3.5-5.5之间酶活保留率在70%以上，乳糖酶2在pH3.5-5.5之间酶活保留率在80%以上。

## 两种乳糖酶的温度曲线



- ◆ 乳糖酶1和乳糖酶2最适温度为60°C，乳糖酶1在45-60°C之间酶活保持率在80%以上，乳糖酶2在35-60 °C之间酶活保持率在80%以上。



## 三、加酶日粮ENIV系统及应用



## 加酶日粮ENIV系统及应用

### □ 饲用酶制剂的有效营养改进值（ENIV）及应用：

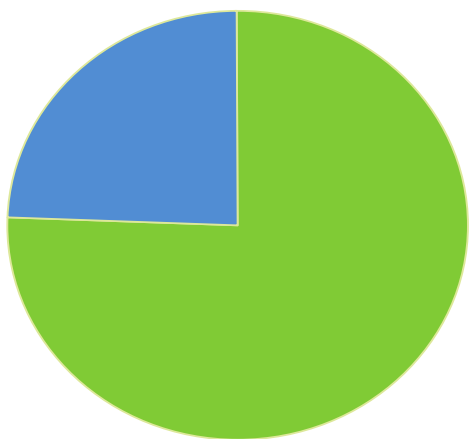
**ENIV——effective nutrition improved value**

（加酶日粮或原料的）有效营养改进值

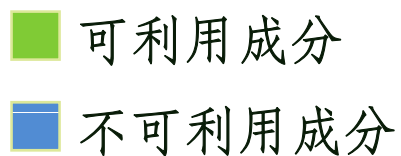
- ❖ 原来的研究数据（饲料营养价值）并不能反映出各种饲料原料在加酶以后的有效营养价值。
- ❖ 现有的饲料原料数据库甚至饲养标准并不能完全适用于加酶的日粮配方设计。
- ❖ 饲料配方、原料选择和营养需要量等方面需要重新研究或修正。

## 加酶日粮ENIV系统及应用

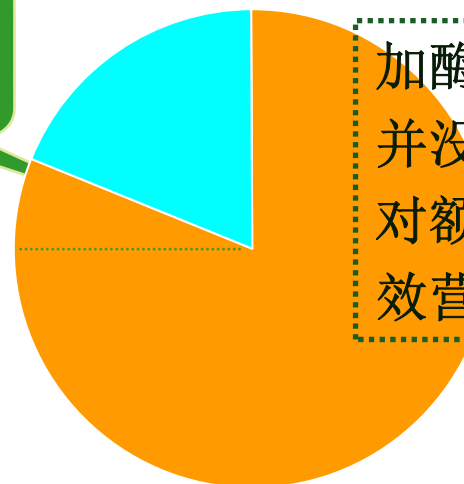
### □ 加酶增加有效营养的机理：



不加酶时的状况



增加的  
有效营养



加酶时的状况



加酶后绝对营养量并没有改变，但相对额外地增加了有效营养供给量。



## 常见植物能量饲料使用相应酶制剂的有效营养改进值（一）

原料	动物品种	营养指标					
		代谢能 (kcal/kg)			粗蛋白 (%)		
		代谢能值	加酶改善程度 (%)	代谢能改进值	粗蛋白值	加酶改善程度 (%)	蛋白质改进值
玉米	鸡	3220	1.0~2.3	30~75	7.8	8~15	0.6~1.2
	猪	3200	1.1~2.8	35~90			
小麦	鸡	3040	4.0~6.3	120~190	13.9	9.5~18.2	1.3~2.5
	猪	3160	3.0~4.7	90~150			
小麦麸	鸡	1630	5.0~7.4	80~120	15.7	9~15	1.4~2.4
	猪	2080	3.4~4.8	70~100			
次粉	鸡	2990	3.0~4.5	90~135	13.6	9~15	1.2~2.0
	猪	2990	3.0~3.7	90~110			
大麦	鸡	2680	4.1~6.9	110~185	13	7.5~13.8	1.0~1.8
	猪	3030	4.2~6.6	130~200			
稻谷	鸡	2630	1.9~4.2	50~110	7.8	3.8~9.2	0.3~0.7
	猪	2540	2.4~3.7	60~95			
米糠	鸡	2680	3.3~5.2	90~140	12.8	7.5~12.3	0.9~1.6
	猪	2820	2.6~4.2	75~120			



## 常见植物能量饲料使用相应酶制剂的有效营养改进值（二）

原料	动物品种	营养指标					
		代谢能 (kcal/kg)			粗蛋白 (%)		
		代谢能值	加酶改善程度 (%)	代谢能改进值	粗蛋白值	加酶改善程度 (%)	蛋白质改进值
豆粕	鸡	2350	2.1~3.4	50~80	44	8.2~11.0	3.6~4.8
	猪	2970	1.3~2.4	40~70			
菜籽粕	鸡	1770	6.8~9.6	120~170	38.6	9.0~13.5	3.5~5.2
	猪	2230	4.5~6.0	100~135			
棉籽粕	鸡	1860	3.2~4.8	60~90	47	8.5~10.5	4.0~5.0
	猪	1950	3.6~4.6	70~90			
花生粕	鸡	2600	1.9~5.8	50~150	47.8	6.5~9.0	3.1~4.3
	猪	2560	2.3~4.9	60~125			
向日葵仁粕	鸡	2030	3.2~4.2	65~85	33.6	6.5~9.5	2.2~3.2
	猪	2220	2.7~4.1	60~90			



## 尤特尔加酶日粮ENIV数据库的建立

- 正在与湖南省畜牧兽医研究所合作，对常用饲料原料添加尤特尔酶制剂后的有效营养改进值进行测定。
- 2010年，对玉米及其副产物（已完成17种原料）的加酶ENIV值在肉鸡、肉鸭中进行测定，并建立相应数据库。
- 2011年，对大麦、稻米及其副产物、小麦及其副产物（已完成14种原料样品）加酶ENIV值在肉鸡、肉鸭中进行测定，建立相应数据库。
- 2012-2013年，对粕类原料的加酶ENIV值在肉鸡、肉鸭中进行测定，建立相应数据库。
- 通过三~五年时间，初步建立尤特尔酶制剂在家禽上应用的基础数据库。





## 尤特尔加酶日粮ENIV数据库的建立

### □ 玉米及加工副产品加酶前后可利用养分评价的研究方法：

- 玉米及加工副产品：

玉米及16种玉米加工副产品，采集自各地玉米淀粉和酒精加工企业，制成风干样品，保存于封口袋。

- 试验用酶制剂：

试验用酶制剂FE806-L由湖南尤特尔生化有限公司提供，主要含有纤维素酶、木聚糖酶和 $\beta$ -葡聚糖酶，酶的添加量为150 ml/t。

- 测定指标与方法：

常规指标采用化学成分分析法，生物学效价评定采用全收粪法。

- 有效能预测方程：

采用SPSS 17.0线性回归程序，根据原料中粗蛋白质、粗脂肪、粗纤维和粗灰分等概略养分含量建立有效能的预测回归方程。



## 尤特尔加酶日粮ENIV数据库的建立

### □ 17种玉米及其副产物的样品来源（表1）

序号	饲料名称	产地	饲料描述
1	玉米	吉林	GB/T 17890-1999 2级，成熟
2	玉米皮	山东济宁	玉米制淀粉糖筛分出的外皮（不喷浆）
3	玉米皮	山东济宁	玉米制淀粉糖筛分出的外皮（喷浆）
4	玉米皮	江苏徐州	玉米制淀粉糖筛分出的外皮（喷浆）
5	玉米胚芽粕	山东济宁	玉米湿磨后的胚芽，浸提
6	玉米胚芽粕	吉林松原	玉米湿磨后的胚芽，浸提
7	玉米胚芽粕	江苏徐州	玉米湿磨后的胚芽，机榨
8	玉米蛋白饲料	江苏徐州	玉米湿磨去胚芽制淀粉后的含皮残渣
9	玉米蛋白粉	江苏徐州	玉米湿磨去胚芽制淀粉后的面筋，CP 45%



## 尤特尔加酶日粮ENIV数据库的建立

### □ 17种玉米及其副产物的样品来源（表2）

序号	饲料名称	产地	饲料描述
10	玉米蛋白粉	江苏徐州	玉米湿磨去胚芽制淀粉后的面筋，CP 50%
11	玉米蛋白粉	吉林松原	玉米湿磨去胚芽制淀粉后的面筋，CP 55%
12	玉米糖渣	江苏徐州	玉米提取葡萄糖及淀粉糖后的副产品
13	玉米糖渣	江苏沛县	玉米提取葡萄糖及淀粉糖后的副产品
14	玉米麸质饲料	吉林松原	玉米湿磨去胚芽制淀粉后的种皮残渣
15	DDGS	吉林松原	玉米发酵制酒精后的糟渣及可溶物，脱水
16	DDGS	美国	玉米发酵制酒精后的糟渣及可溶物，脱水
17	玉米糖化粕	山东济宁	玉米淀粉经糖化制取糖浆后的残渣



## 尤特尔加酶日粮ENIV数据库的建立

### □ 玉米及加工副产品加酶后有效营养改进值的测定结果:

- 在玉米及16种加工副产品中添加尤特尔复合酶FE806（玉米豆粕日粮用）150 g/t后，黄羽肉鸡对其干物质、粗蛋白质、粗脂肪、粗纤维、总能和氨基酸的利用率及其可利用含量均得到不同程度的提高。
- 加酶前后玉米及加工副产品表观可利用养分与ENIV值 见[表11](#)。
- 玉米及加工副产品真可利用养分与加酶后ENIV值 见[表12](#)。
- 加酶后玉米及加工副产品表观可利用氨基酸ENIV值 见[表17](#)。
- 加酶后玉米及加工副产品真可利用氨基酸ENIV值 见[表18](#)。



## 尤特尔加酶日粮ENIV数据库的建立

### □ 玉米及加工副产品加酶后有效营养改进值的测定结果:

- 粗纤维含量较高的原料（玉米麸质饲料、不喷浆玉米皮、玉米胚芽粕以及玉米胚芽饼等），由于NSP酶对其中粗纤维的特异性酶解作用，它们的可利用干物质和粗纤维ENIV值均高于其它原料，有效能的ENIV值也相应较高。
- 通过线性回归分析发现，可根据这些原料的粗蛋白质、粗脂肪和粗纤维这3种化学成分的含量快速预测原料加酶前后的有效能，这为饲料生产企业合理使用玉米加工副产品及其专用酶制剂提供了科学依据，玉米及加工副产品有效能的预测模型。



## 尤特尔加酶日粮ENIV数据库的建立

### □ 14种谷物及加工副产品加酶前后可利用养分评价的研究方法：

- 谷物及加工副产品：

采自不同地区的谷物及加工副产品共14种（见表1、表2），制成风干样品，保存于封口袋。
- 试验用酶制剂：

试验用酶制剂FE806—L由湖南尤特尔生化有限公司提供，主要含有纤维素酶、木聚糖酶和 $\beta$ -葡聚糖酶，酶的添加量为150 ml/t。
- 测定指标与方法：

常规指标采用化学成分分析法，生物学效价评定采用全收粪法。
- 有效能预测方程：

采用SPSS19.0线性回归程序，根据原料中DM、CP、EE、CF、NDF、ADF和总磷（P）等概略养分含量建立有效能的预测回归方程。



# 尤特尔加酶日粮ENIV数据库的建立

## □ 14种谷物及加工副产品的样品来源（表1）

序号	饲料名称	产地	饲料描述
1	玉米	东北	GB/T 17890-1999 2级，成熟
2	玉米糖渣	河南	玉米提取葡萄糖及淀粉糖后的副产品
3	DDGS	吉林	玉米发酵制酒精后的糟渣及可溶物，脱水
4	碎米	湖南	加工精米后的副产物
5	白酒糟	湖南	谷物类发酵并经蒸馏白酒后剩余物
6	稻谷	湖南	成熟，晒干，NY/T 2级
7	米糠	湖南	新鲜，不脱脂，NY/T 2级
8	次面粉	徐州	面粉加工不合格品



# 尤特尔加酶日粮ENIV数据库的建立

## □ 14种谷物及加工副产品的样品来源（表2）

序号	饲料名称	产地	饲料描述
9	小麦麸	河南	传统制粉工艺，NY/T 2级
10	燕麦麸	澳洲	燕麦加工副产物
11	次粉	徐州	面粉加工副产物，NY/T 2级
12	小麦	河南	混合小麦，成熟，NY/T 2级
13	米糠粕	湖南	浸提或预压浸提，NY/T 1级
14	大麦	江苏	裸大麦，成熟，NY/T 2级





## 尤特尔加酶日粮ENIV数据库的建立

### □ 14种谷物及加工副产品加酶后有效营养改进值的测定结果:

- 本研究发现，在14种谷物及其加工副产品中添加非淀粉多糖复合酶制剂能够提高肉鸭对其干物质、粗蛋白质、粗脂肪、粗纤维、总能和氨基酸的利用率，从而增加这些原料中可利用养分含量；
- 14种谷物及副产品加酶前后表观可利用养分与ENIV值 见[表7](#)；
- 14种谷物及副产品加酶前后真可利用养分与ENIV值 见[表8](#)；
- 14种谷物及副产品加酶后表观可利用氨基酸ENIV值（g/kg）见[表17](#)；
- 14种谷物及副产品加酶后可真利用氨基酸ENIV值（g/kg）见[表18](#)；



## 尤特尔加酶日粮ENIV数据库的建立

### □ 14种谷物及加工副产品加酶后有效营养改进值的测定结果：

- 粗纤维含量较高的原料（DDGS、白酒糟、小麦麸、燕麦麸以及次粉等），由于NSP酶对其中粗纤维的特异性酶解作用，它们的可利用干物质和粗纤维ENIV值均高于其它原料，代谢能的ENIV值也相应较高。
- 以谷物及其加工副产品中DM、CP、EE、CF、NDF、ADF和总磷（P）含量为自变量，有效能为因变量，通过线性回归建立快速预测谷物及其加工副产品加酶前后有效能的预测模型，这为饲料生产企业科学利用谷物及其副产品提供了科学依据，谷物及其加工副产品加酶前后有效能的预测模型。



# 谢谢!