



# 提高饲料蛋白质利用率的方法 和技术路线

孙得发 博士

**Novus International**

**NOVUS**<sup>®</sup>  
PERFORMANCE THROUGH INNOVATION



# Agenda

- ① 影响饲料蛋白质利用率的因素
- ② 正确评估饲料蛋白的消化率
- ③ 提高饲料蛋白消化率降低饲料成本的技术路线

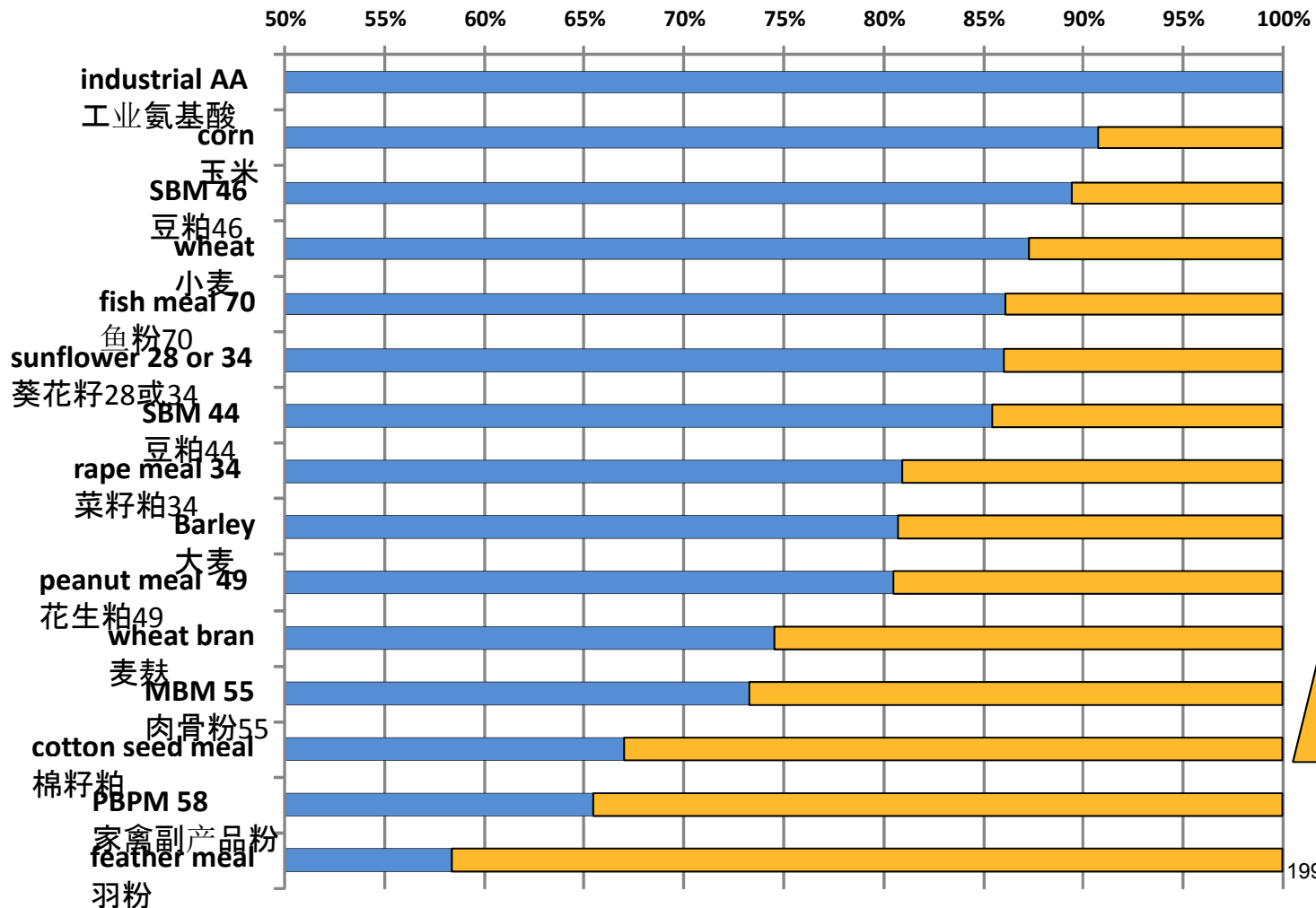
## 蛋白质结构

- ① 醇溶谷蛋白
- ② 弹性蛋白
- ③ 胶原蛋白
- ④ 角蛋白

# Potential of DP100 increases → with low digestibility ingredients

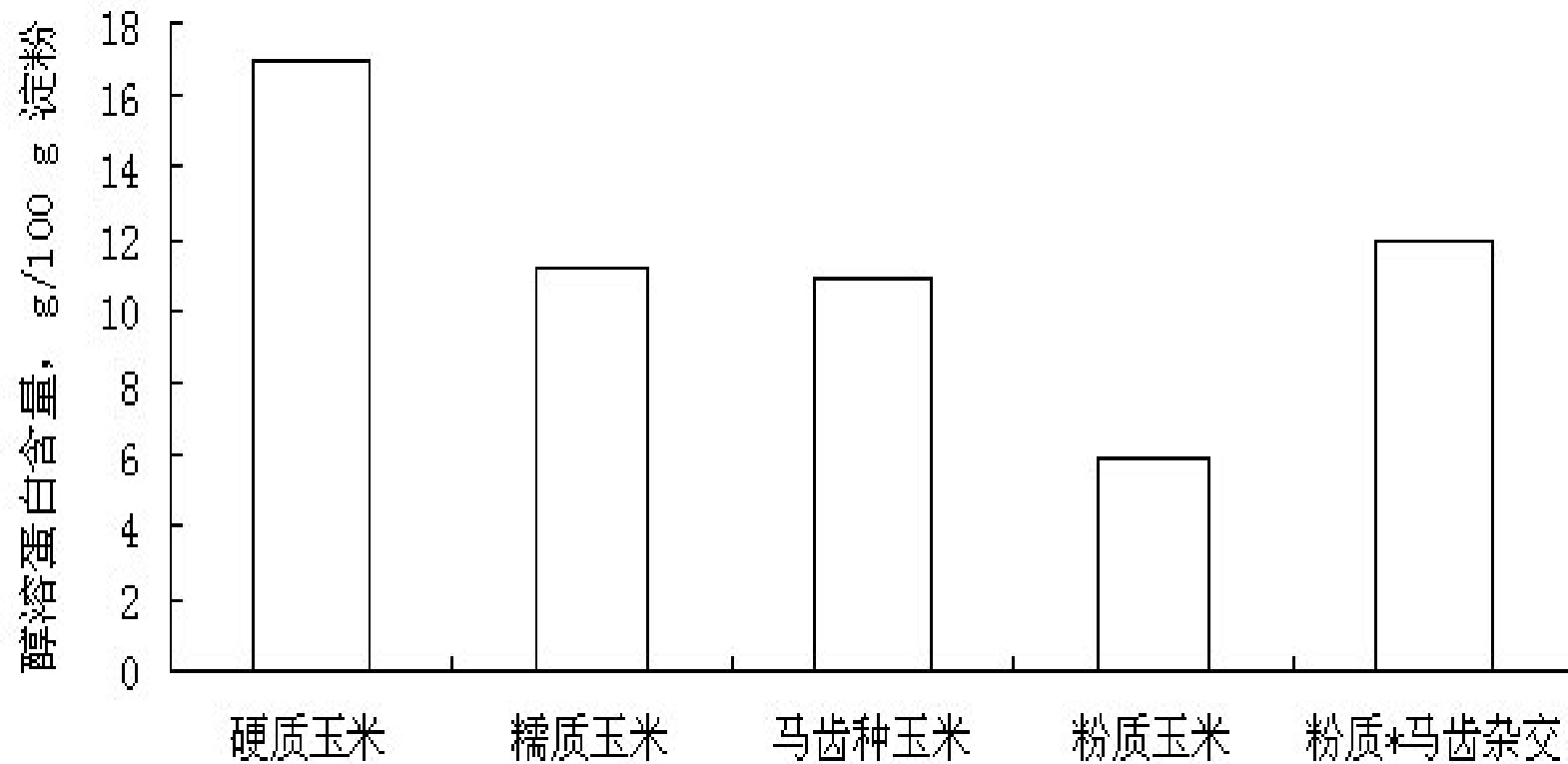
## DP100对低消化率成分的消化提升潜能

Average digestibility of amino acids 氨基酸平均消化率



The more undigested protein  
→  
The more DP100 Potential  
不可消化蛋白越多—  
DP100潜在效果越好

## 玉米的醇溶蛋白因品种不同而不同



不同品种玉米醇溶蛋白的含量(Hoffman, 2010)

## 通过透光法判断醇溶蛋白



不同品种玉米透光性的不同。颜色较亮的玉米代表较强的透光性和较高的醇溶蛋白含量，而颜色较暗的玉米代表透光性弱和醇溶蛋白含量较低(Hoffmann和Shaver, 2011)

Sorghum: Protein-Starch interaction may decrease starch digestibility

高粱：蛋白-淀粉互作可能降低淀粉消化率

Kafirin 醇溶蛋白  
(in green 绿色)

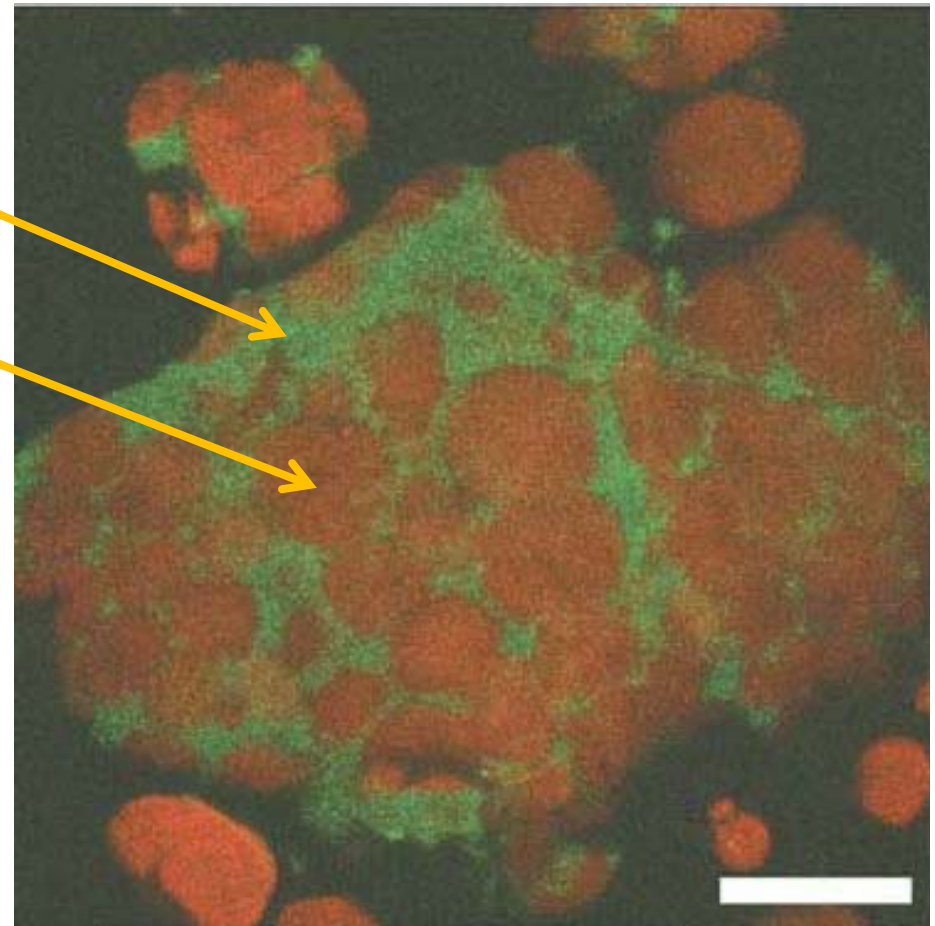
Starch granules  
淀粉颗粒

“any chemical or enzyme which has effect on the disintegration of protein matrix could increase starch digestion (Xiaouli Xu et al., (2008), KSU”

“任何对蛋白基质降解有作用的化学物质或酶可降低淀粉消化”

Proteases by digesting endosperm protein (kafirin) in sorghum exposes starch for further digestion

消化胚乳蛋白(醇溶蛋白)的蛋白酶可暴露淀粉从而进一步得到消化



Choi et al, (2008)

## 饲料产地和气候

- ① 不同产区的蛋白原料消化率存在较大的差异
- ② 在干旱和高温条件下蛋白的消化率往往较差



## 一个案例 不同产地的豆粕消化率不同（鸡消化率）

豆粕来源	赖氨酸 Digestibility	苏氨酸 Digestibility	蛋氨酸 Digestibility
Gomez南部	82.8	83.8	85.9
Camp Hill东北部	86.0	86.1	88.1
Kershaw南加州	90.2	90.5	91.4
Decatur东南部	93.6	97.0	92.9

# 饲料原料加工方法

 加工工艺

 加工温度

## 不同处理工艺对羽毛粉消化率的影响

酶解水解顺序	pH	序号	胃蛋白酶消化率
先酶解后水解	7	7	<b>23.45 ± 0.93</b>
	8	11	<b>20.64 ± 1.31</b>
	9	12	<b>19.91 ± 0.45</b>
	10	3	<b>25.94 ± 0.67</b>
	11	5	<b>24.04 ± 1.10</b>
先水解后酶解	7	8	<b>22.73 ± 0.45</b>
	8	9	<b>22.53 ± 1.42</b>
	9	6	<b>23.96 ± 0.56</b>
	10	4	<b>25.74 ± 0.90</b>
	11	2	<b>25.95 ± 1.98</b>
膨化羽毛		1	<b>29.79 ± 1.78</b>
未处理		13	<b>9.29 ± 0.26</b>
只高压水解		10	<b>20.84 ± 1.69</b>

# Variation in composition

## 组成成分变异度

### ○ Rice bran: variation among different sources 米糠：来源不同，组成成分不同

- Crude fat 粗脂肪

- Ash 灰分

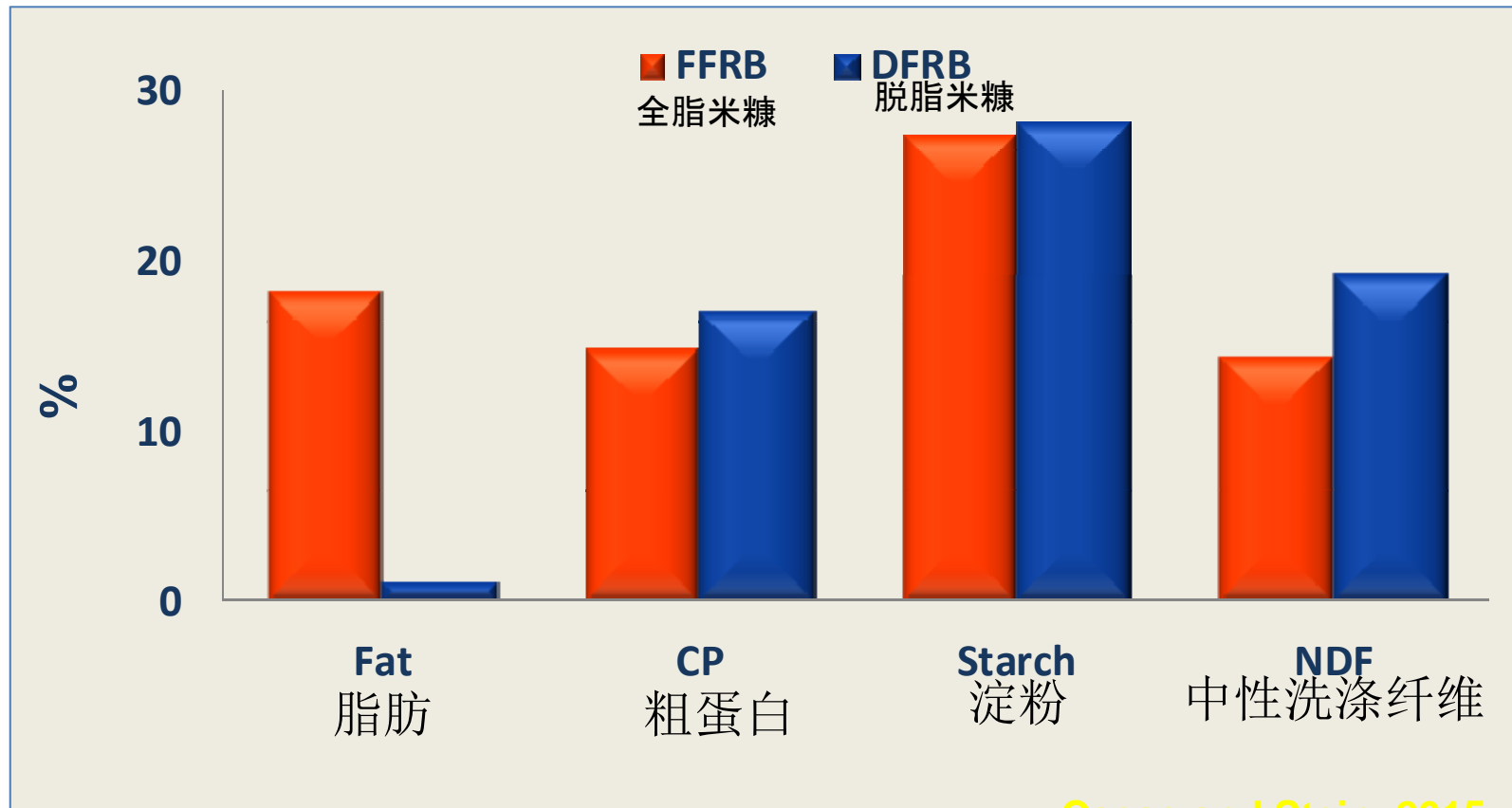
- CP 粗蛋白

	Rice bran 1	Rice bran 2
Crude fat 粗脂肪	23.4	24.4
Ash 灰分	21.0	11.0
CP粗蛋白	15.6	15.8

# Drying 干燥

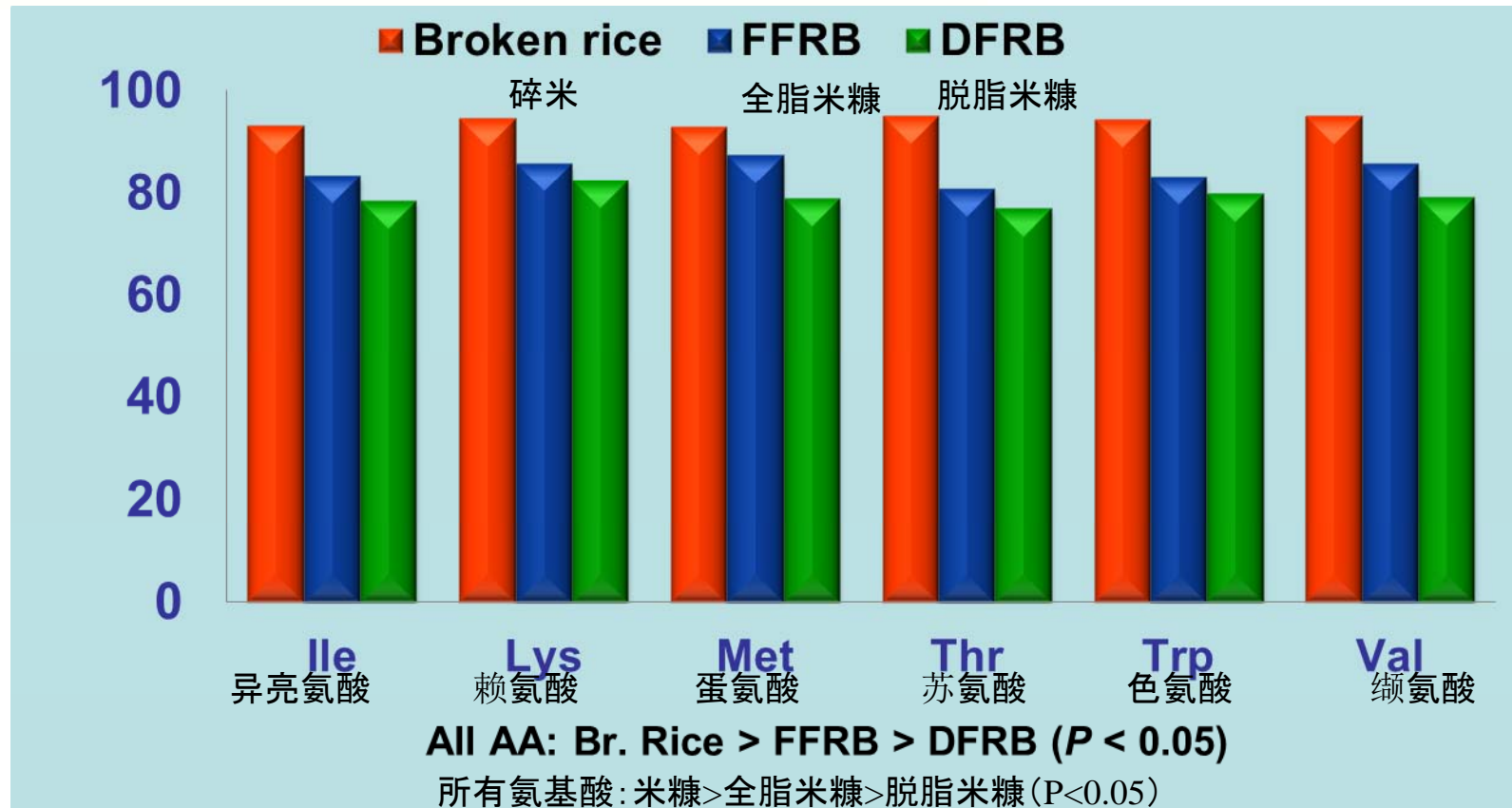


## 全脂 vs. 脱脂米糠



Casas and Stein, 2015

## 水稻副产品标准回肠可消化氨基酸 (%)



Casas and Stein, 2015

## 抗营养因子

Ingredient	ANF	%*
Soybean meal 豆粕	Trypsin inhibitors, Lectins, Stachyose, Raffinose...etc. 胰蛋白酶抑制因子, 凝集素, 水苏糖, 棉籽糖 等	4-12%
DDGS	Mycotoxins, Non-soluble CHO 霉菌毒素, 不溶性碳水化合物	*
Cotton Seed Meal 面粉粕	Gossypol & Cyclopropinoid Fatty Acids 棉酚&环乙亚胺脂肪酸	1.2-4
Mustard Seed Meal 芥末籽粕	Glucosinolates, Erucic Acid, Non-soluble CHO 芥子苷, 芥子酸, 不溶性碳水化合物	3-7
Rape Seed Meal 菜粕	Multiple NSP 多种非淀粉多糖	4-6
Guar Meal 瓜尔豆粕	$\beta$ -Mannans $\beta$ -甘露聚糖	5.7+
Palm Kernel Meal 棕榈仁粕	$\beta$ -Mannans $\beta$ -甘露聚糖	> 9



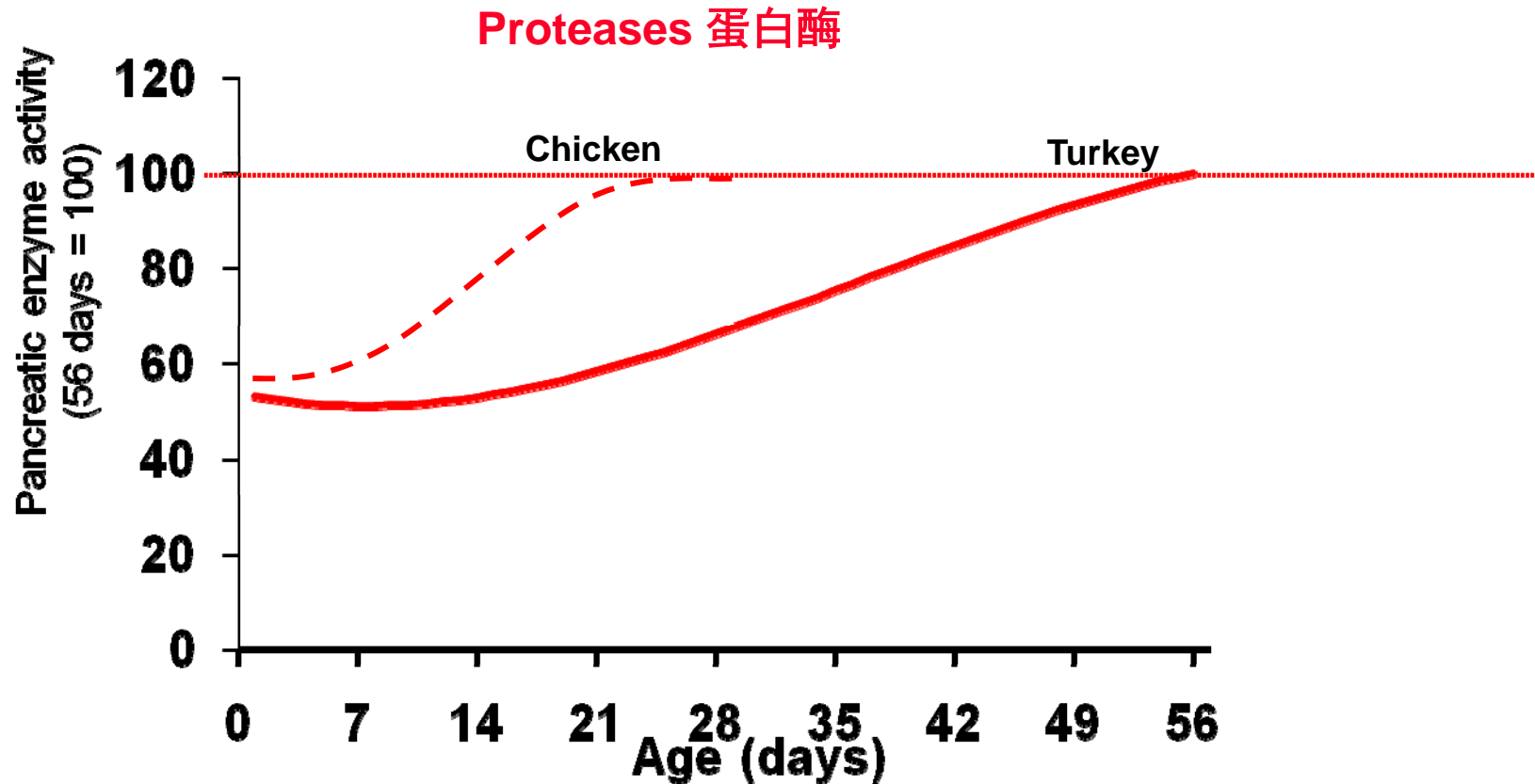
## 不同豆粕产品中的过敏性蛋白含量

Item 致敏蛋白种类	Raw soybean seed 豆粕种子原料	Soybean meal 豆粕	Toasted soybean meal 烤制豆粕	Soybean protein concentrate 豆粕蛋白精料
Glycinin % 大豆球蛋白	>15	13-15	13-15	<1
Immunogenicity 免疫原性	>184000	66000	66000	<1
$\beta$ Conglycinin % $\beta$ -伴大豆球蛋白	>15	13-15	13-15	<1
Immunogenicity 免疫原性	>69000	16000	16000	<1

Glycinin and  $\beta$ -conglycinin are very allergenic, and present in high proportions in soybean meal and extruded soy seeds. They are resistant to temperature treatments

大豆球蛋白和 $\beta$ 伴大豆球蛋白都具有很强的过敏性，在豆粕和膨化大豆中含量很高，对温度不敏感。

# Endogenous protease activity increases slowly in poultry 家禽上内源蛋白酶活性上升缓慢



Krogdahl & Sell, 1989

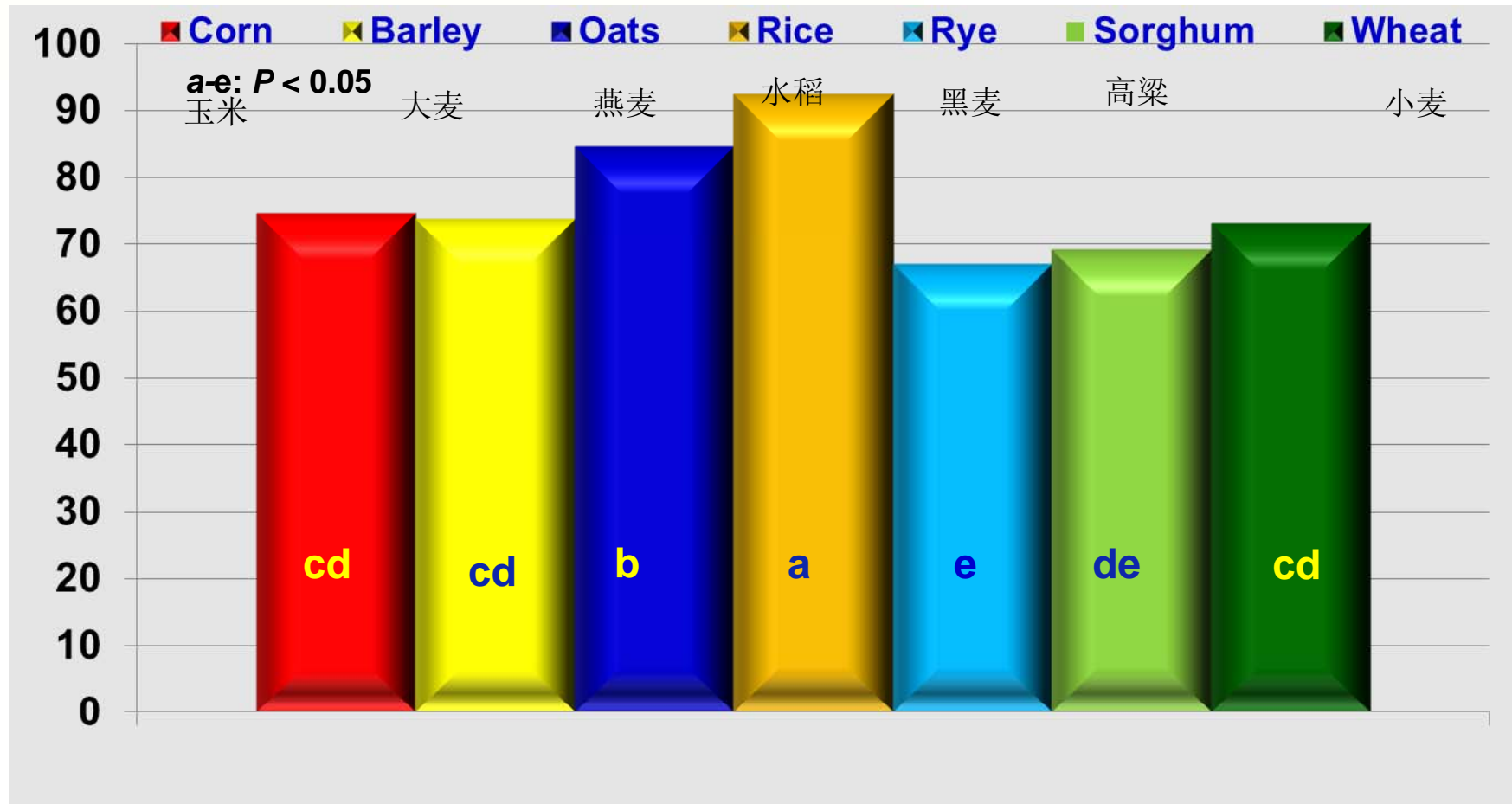
# Agenda

- ① 影响饲料蛋白质利用率的因素
- ② 正确评估饲料蛋白的消化率
- ③ 提高饲料蛋白消化率降低饲料成本的技术路线

## 通过回肠末端消化率测定获得猪对各种原料消化率数据库 (MAFIC&Novus)



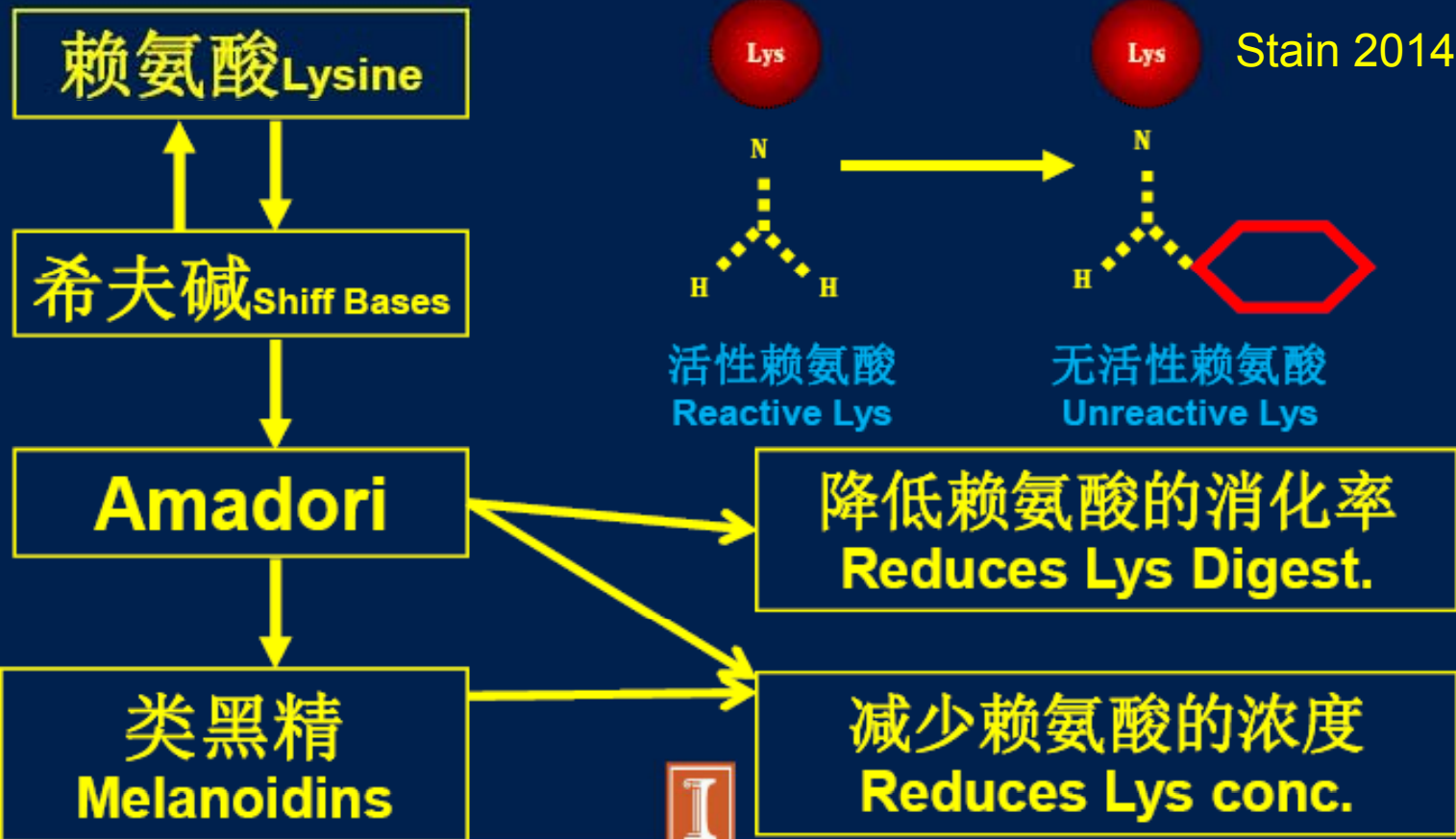
## 谷物赖氨酸表观回肠消化率 (%)



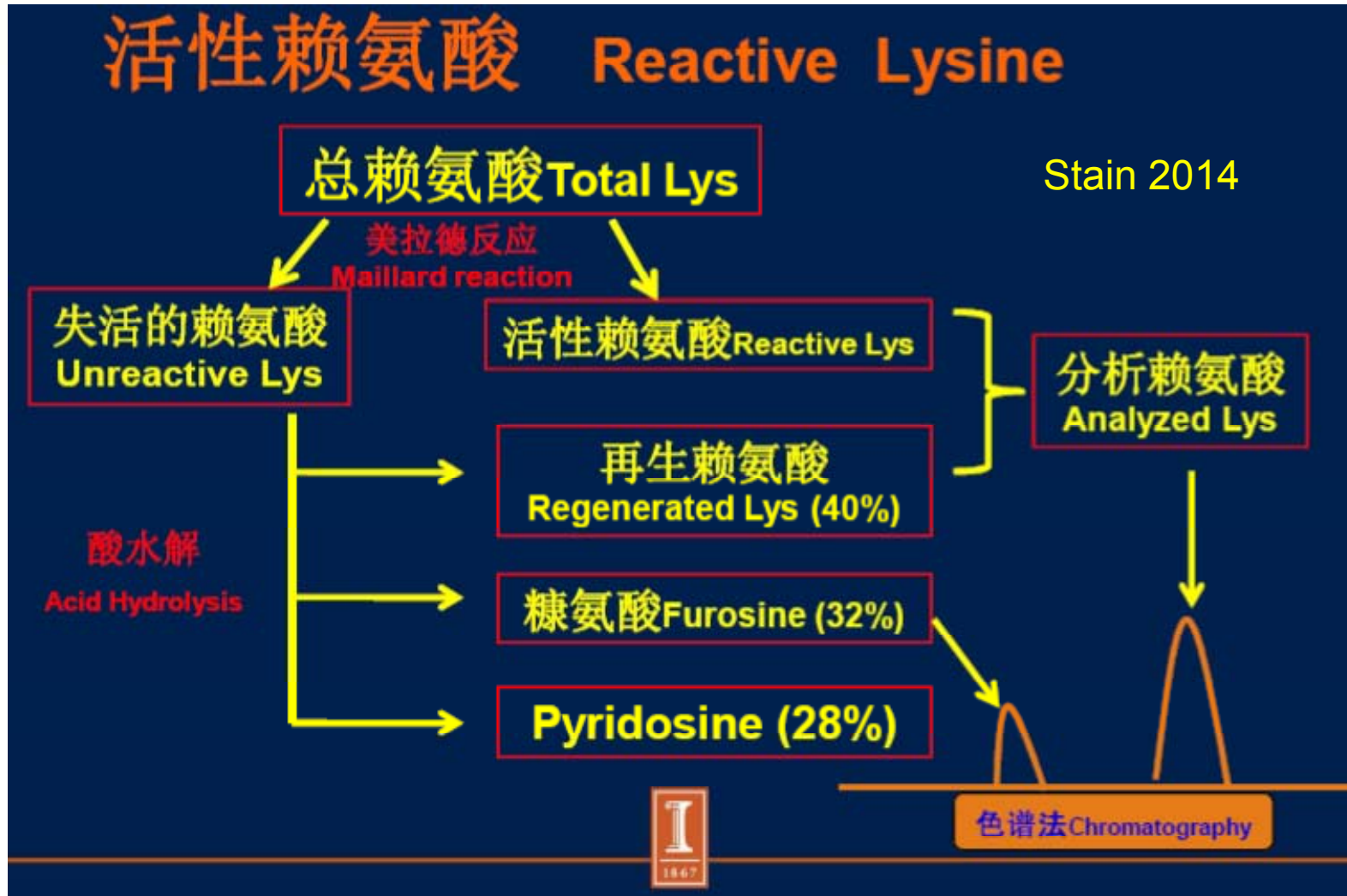
Cervantes-Pahm et al., 2014b

# 美拉德反应

# Maillard Reaction



# 活性赖氨酸 Reactive Lysine



## 未损害原料的赖氨酸与蛋白质比值 Lys:CP (%) in undamaged ingredients

- 豆粕 Soybean meal: > 6.0%
- 菜籽粕 Canola meal: > 5.2%
- 玉米DDGS Corn DDGS: > 3.1%
- 玉米 Corn: > 3.1%
- 葵花粕 Sunflower meal: > 3.4%



Stain 2014



## 评估饲料原料蛋白消化率时，消化酶的浓度很重要

样品	样品号	胃蛋白酶含量	蛋白质消化率 (%)
膨化羽毛	a3	0.200%	<b>51.75 ± 0.56</b>
	a3		
	a3	0.020%	<b>20.98 ± 1.13</b>
	a3		
	a3	0.002%	<b>5.58 ± 3.12</b>
	a3		
酶解处理	c3	0.200%	<b>55.81 ± 0.35</b>
	c3		
	c3	0.020%	<b>24.72 ± 0.52</b>
	c3		
	c3	0.002%	<b>6.61 ± 4.72</b>
	c3		
未处理	d3	0.200%	<b>55.03 ± 0.67</b>
	d3		
	d3	0.020%	<b>21.91 ± 0.44</b>
	d3		
	d3	<b>0.002%</b>	<b>10.25 ± 0.47</b>
	d3		

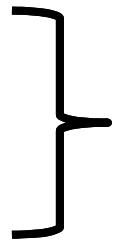
# Agenda

- ① 影响饲料蛋白质利用率的因素
- ② 正确评估饲料蛋白的消化率
- ③ 提高饲料蛋白消化率降低饲料成本的技术路线

## 提高饲料蛋白消化率降低饲料成本的技术路线

### 降低蛋白原料的抗营养因子

- 酶解
- 发酵
- 膨化

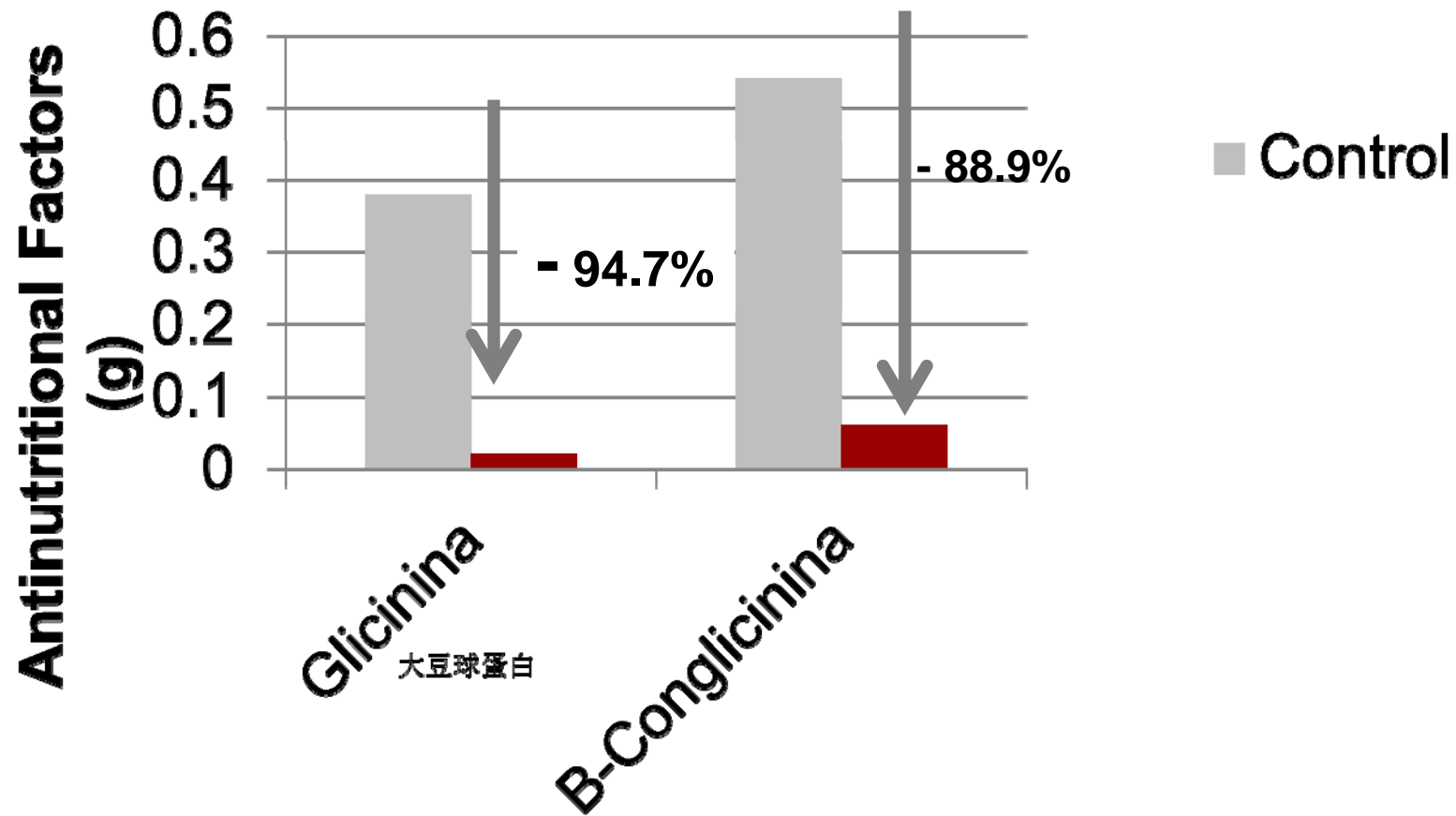


技术瓶颈：干燥工艺

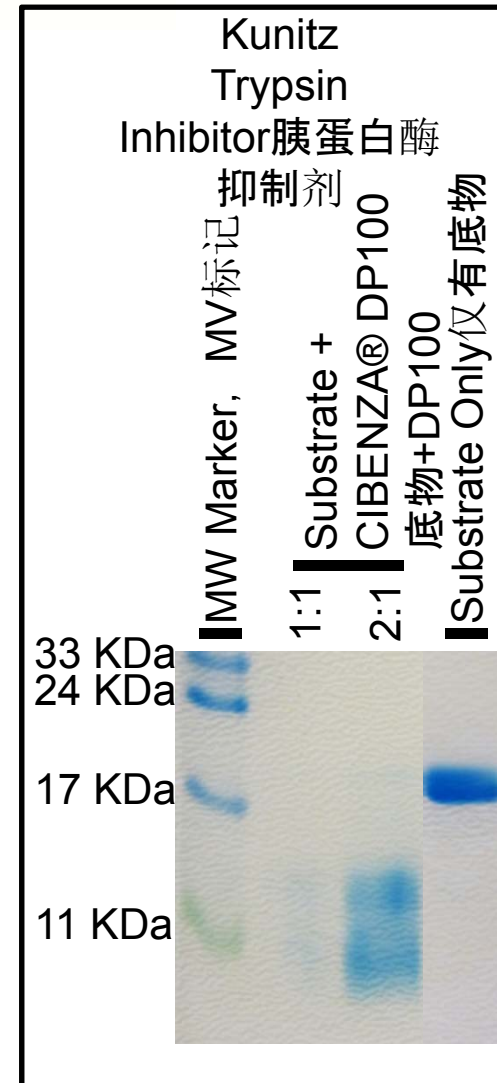
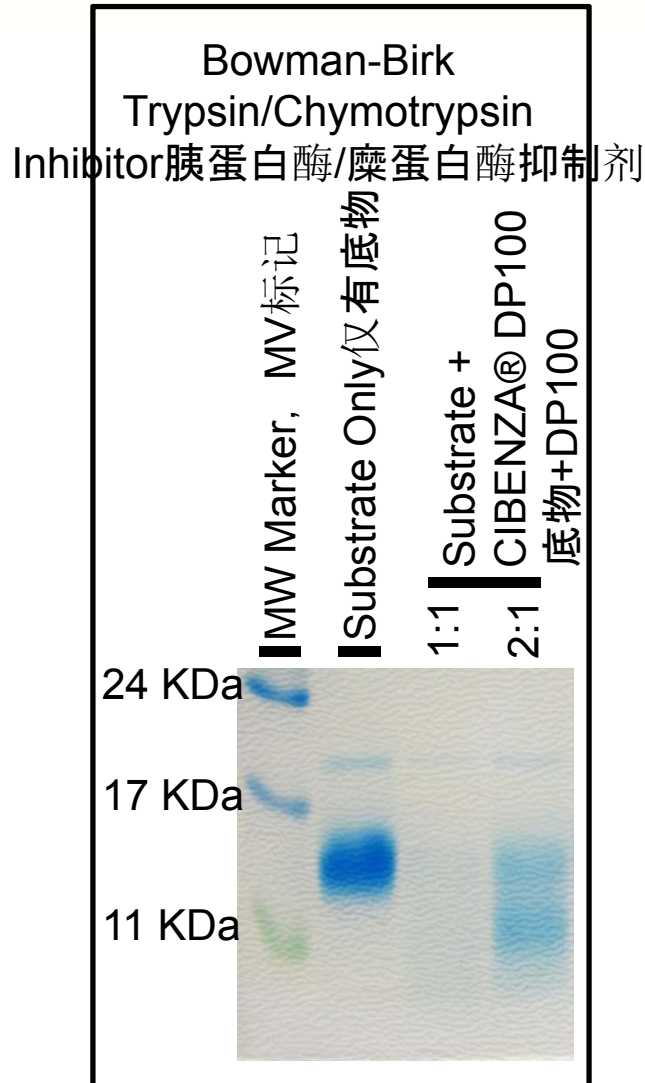
### 提高大分子蛋白的消化率

### 建立蛋白质消化率数据库并应用到配方中

Cibenza DP100 hydrolyzed allergenic proteins in soybean (*in vitro*)  
使用外源蛋白酶水解豆粕中过敏性蛋白（体外）

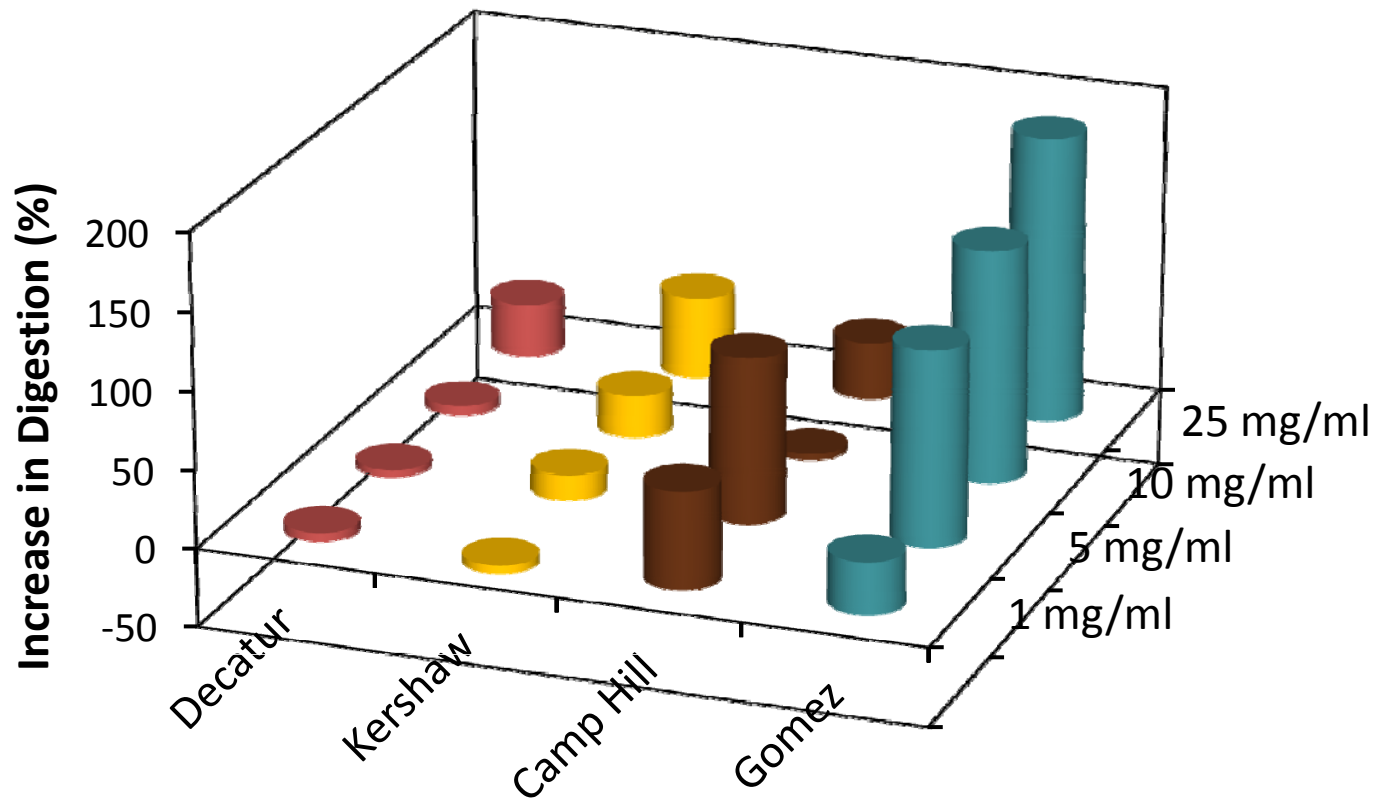


## DP100 digest the trypsin and chymotrypsin inhibitors in SBM 外源蛋白酶可消化豆粕中胰蛋白酶和糜蛋白酶抑制剂



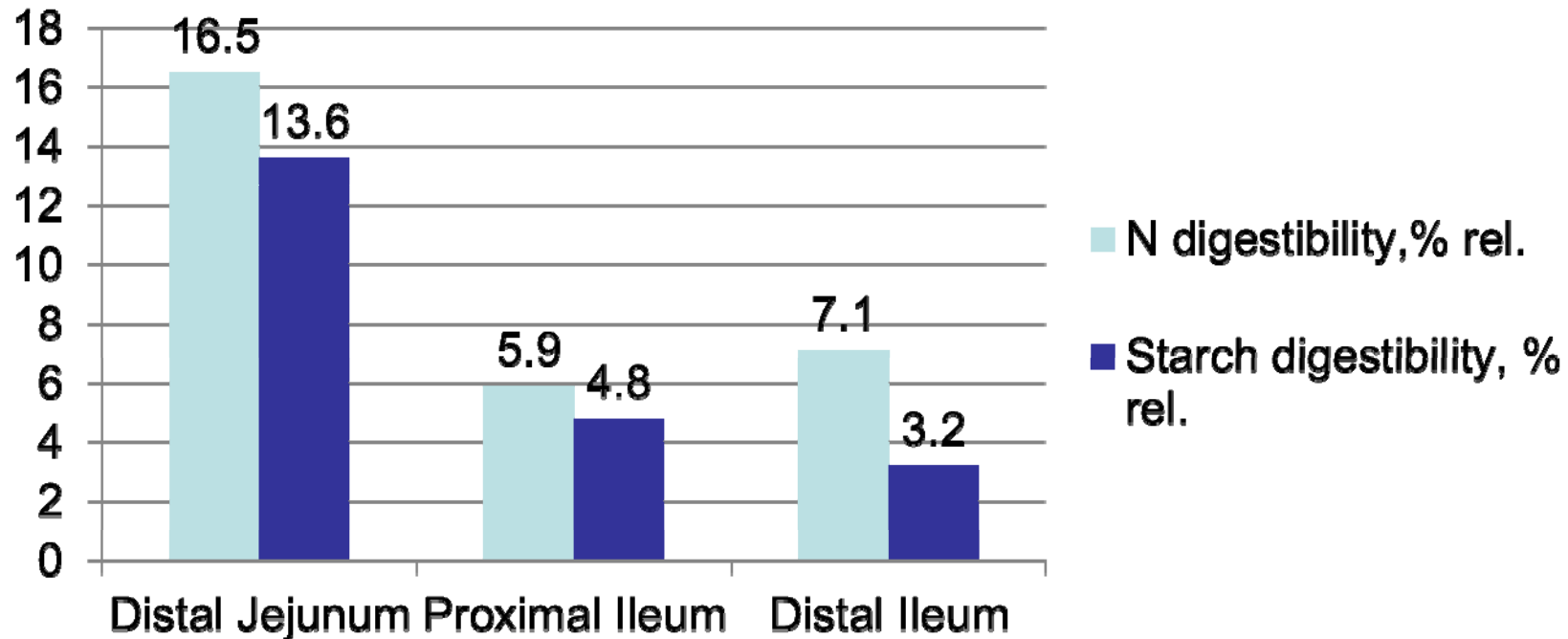
# 外源性蛋白酶（CIBENZA<sup>®</sup> DP100）提高了低 消化率豆粕的消化率

Mean of 3 independent experiments



## DP100在整个消化道中提高高粱日粮中的淀粉和氮消化

### Improvement of N and Starch digestibility with Cibenza DP100 supplementation



Liu et al, 2013 and Seller et al., 2013

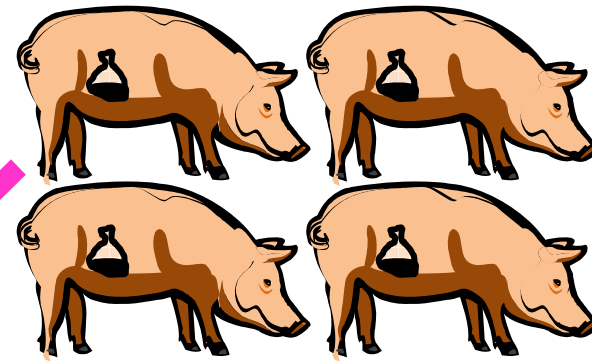
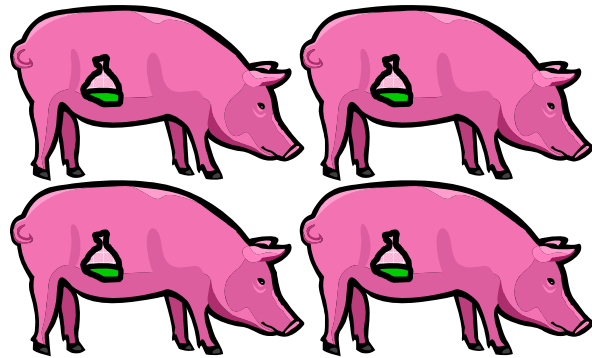
# 通过动物对饲料原料消化率测定

- 18-20头阉公猪（瘦管）对换设计

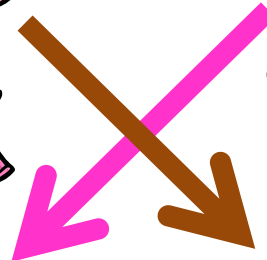
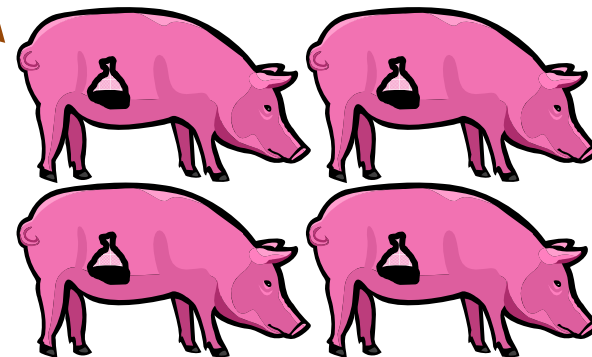
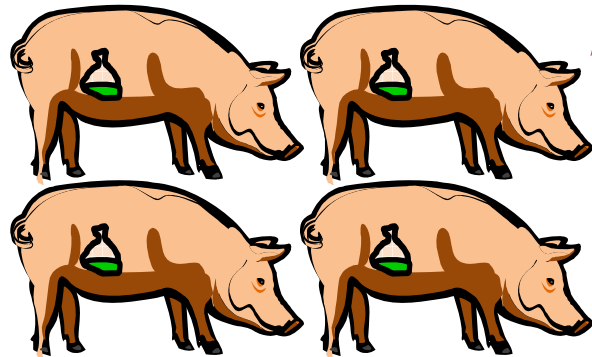
对照组

DP100

阶段 1

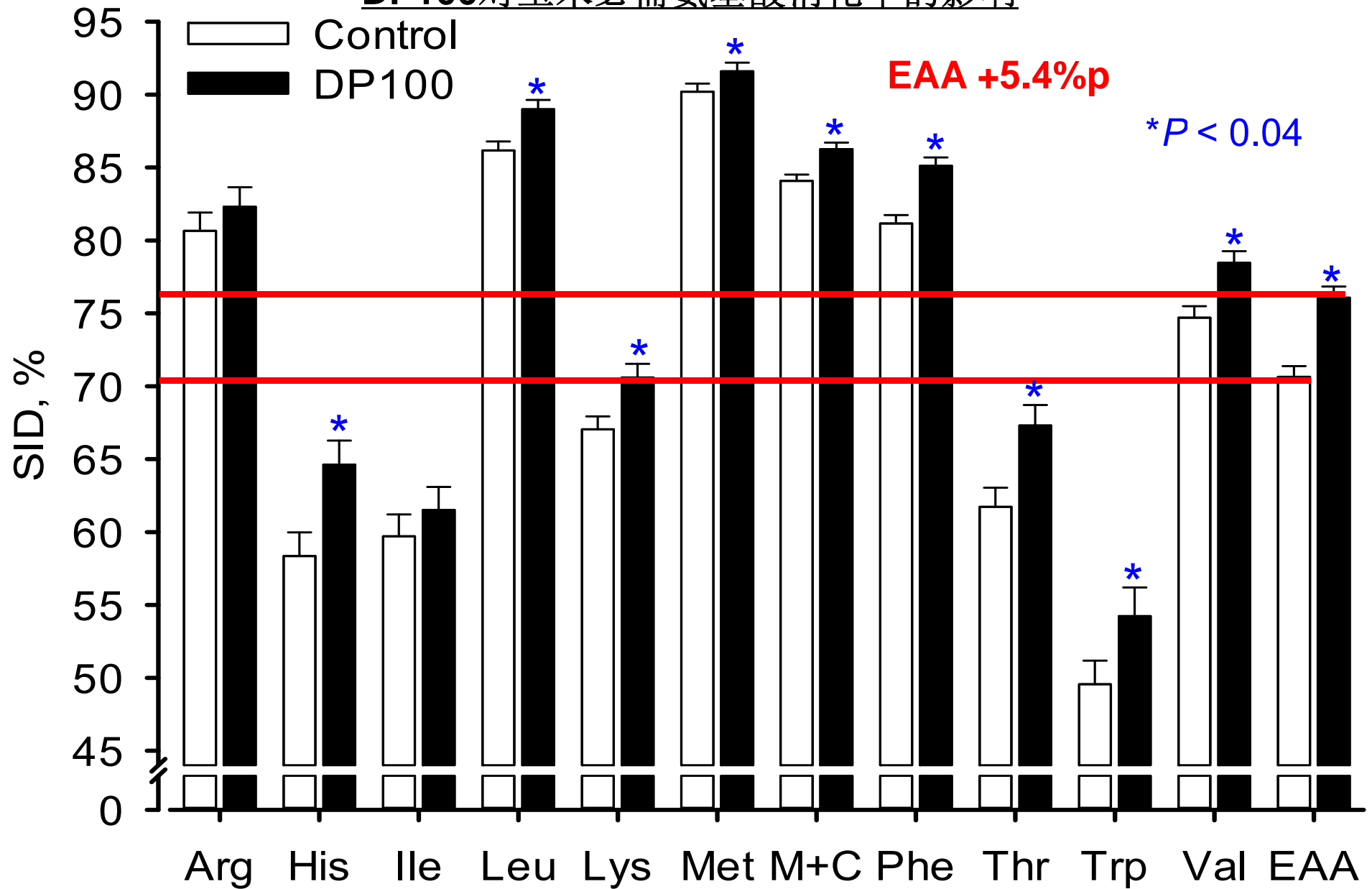


阶段 2

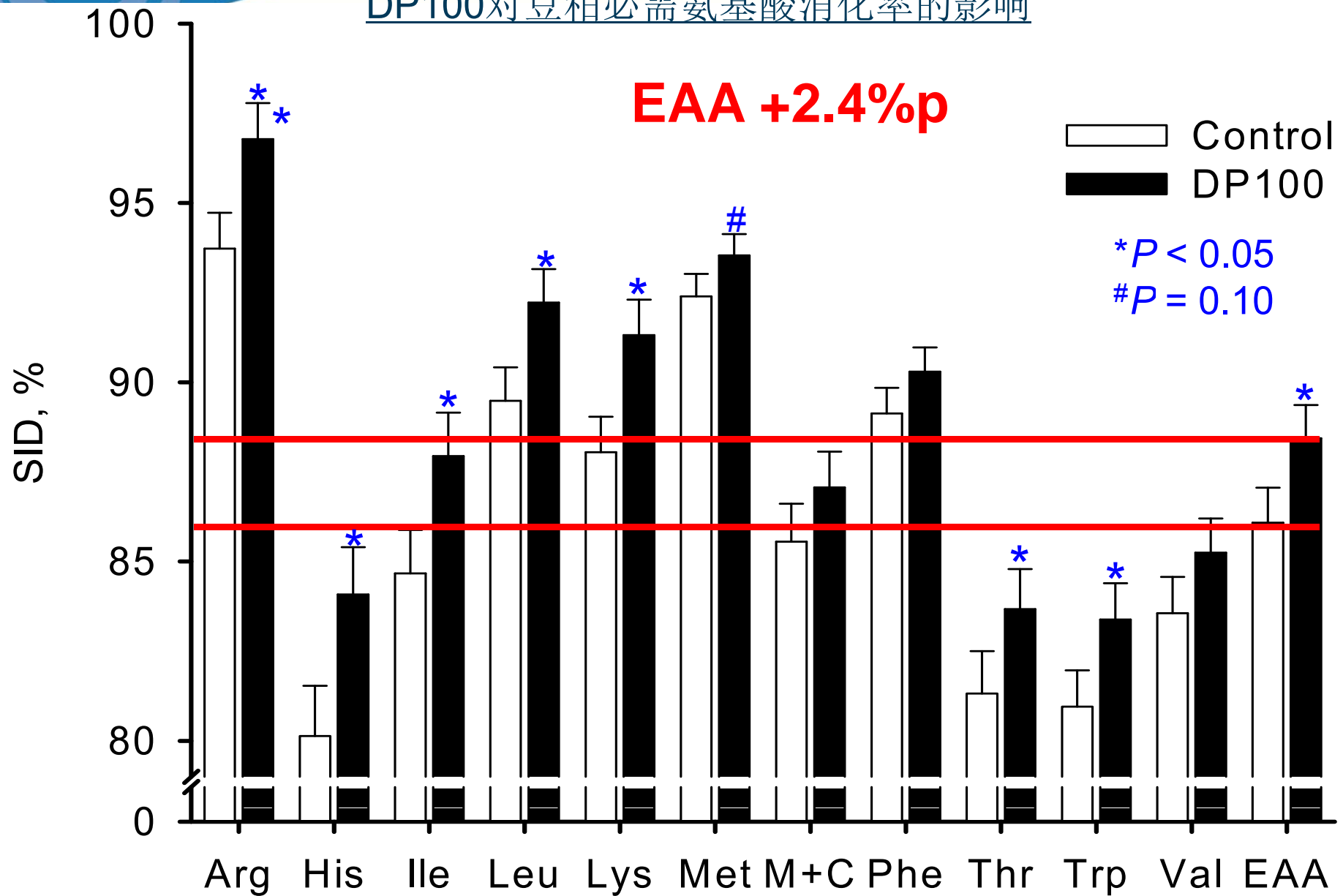




### DP100对玉米必需氨基酸消化率的影响



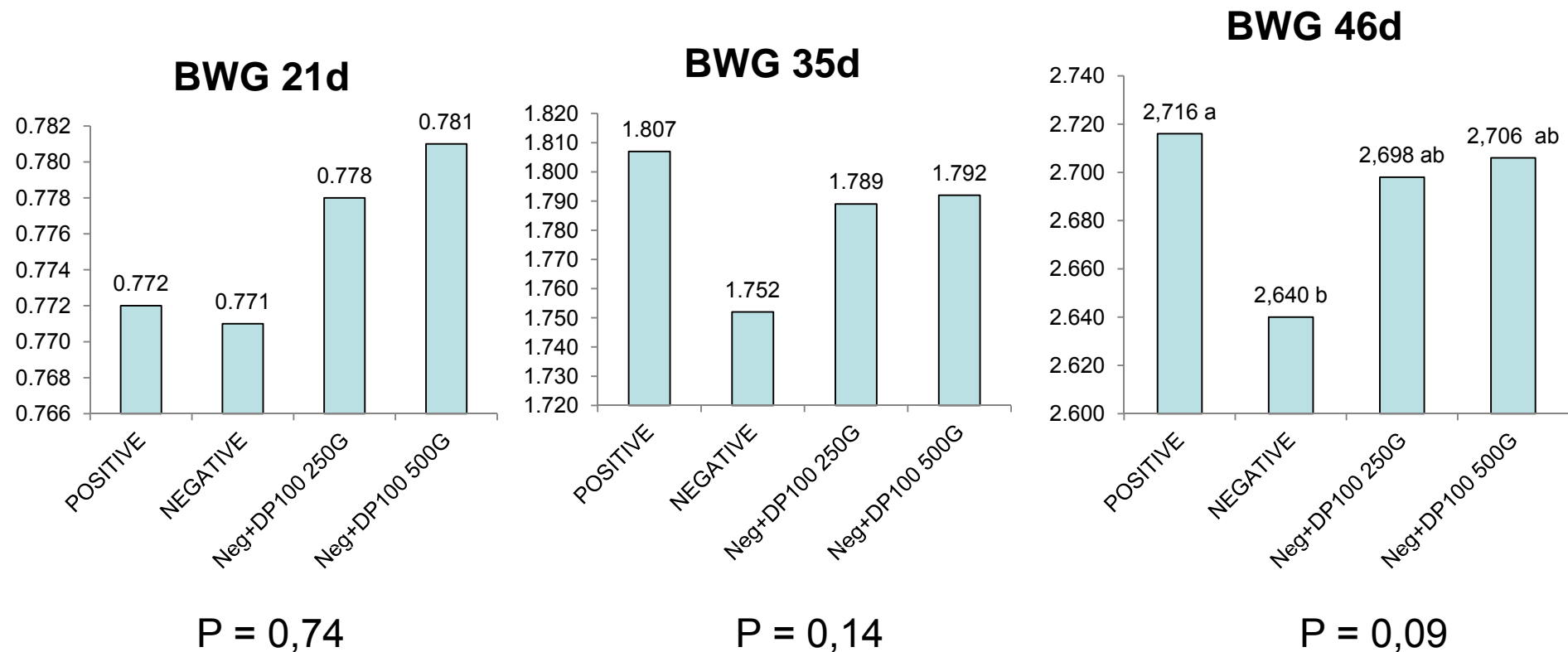
DP100对豆粕必需氨基酸消化率的影响





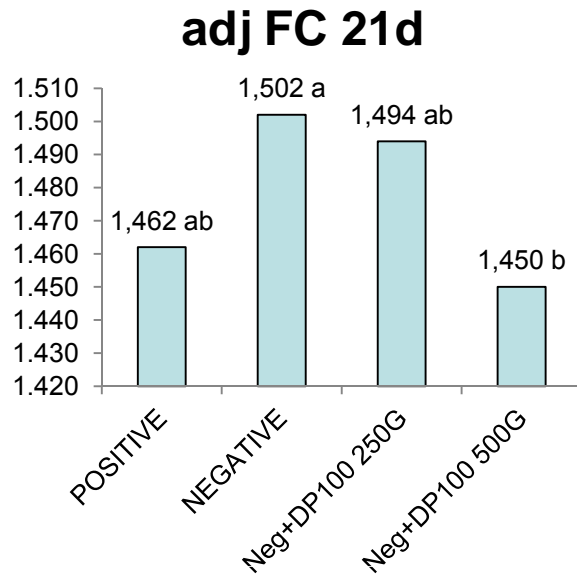
# 动物实验证明该方法是否正确

**DP100 提高了肉鸡的增重  
(Mexican trial 1)**

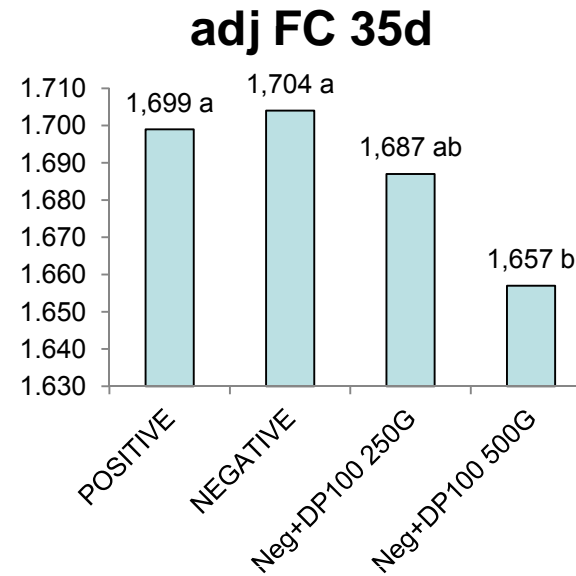


DP100组分别在0-21、22-35, 36-46按照2.0%、3.0%、4.0%潜在营养值

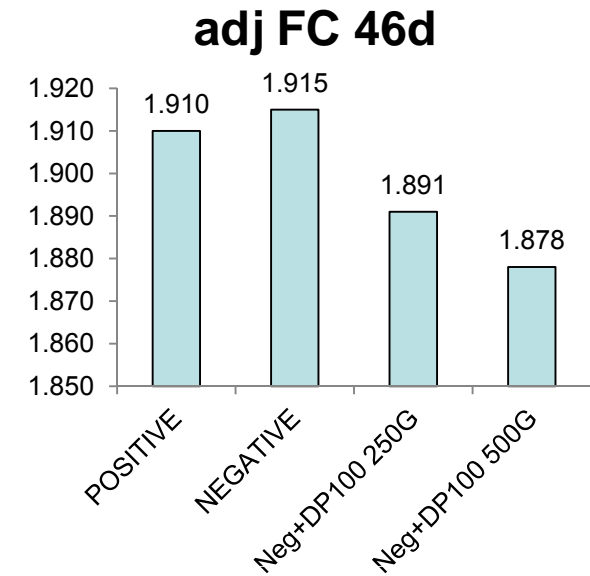
## DP100降低了玉米豆粕型日粮肉鸡料肉比 (Mexican trial 1)



P = 0,04



P = 0,03



P = 0,22

# 赛和素DP100提高玉米-豆粕日粮组生产性能和经济效益

	<b>Corn-Soy Negative Control</b> 玉米豆粕 负对照	<b>Corn-Soy Positive Control</b> 玉米-豆粕 正对照	<b>Corn-Soy CIBENZA DP 100</b> 玉米-豆粕负对照 赛和素DP100
<b>No. Pens</b> 分栏数	6	6	7
<b>No. Pigs</b> 猪头数	130	132	152
<b>Initial Wt., lbs</b> 初始重, 磅	90.0	90.0	89.3
<b>Final Wt., lbs</b> 末重, 磅	168.2a	170.6b	174.6c
<b>Gain, lbs</b> 增重, 磅	78.1a	80.7a	85.3b
<b>Feed/Gain</b> 料重比	2.59c	2.40a	2.48b
<b>Intake, lb/d</b> 采食量, 磅/天	4.81b	4.62a	5.03c
<b>Feed cost, \$/ton</b> 饲料成本, 美元/吨			
<b>Phase I</b> 阶段I	\$273.55	\$280.01	\$272.97
<b>Phase II</b> 阶段II	\$264.35	\$271.70	\$265.03
<b>Gain Value at \$0.56/lb</b> 增重利润, 0.56美元/磅	\$43.79	\$45.14	\$47.77
<b>Feed, \$/pig</b> 饲料成本 美元/猪	\$27.44	\$26.80	\$28.44
<b>\$ Feed/Pound of Gain</b> 饲料价格/每磅增重	\$0.3509	\$0.3325	\$0.3334
<b>Return-Over-Feed, \$/pig</b> 去除饲料成本利润, 美元/猪	\$16.37	\$18.34	\$19.33

## 通过提高蛋白质消化率降低饲料成本 ——一个水产饲料的案例

高蛋白—10公斤鱼粉—14.7公斤血球蛋白粉

低蛋白不加蛋白酶

高蛋白—10公斤鱼粉—14.7公斤血球蛋白粉

低蛋白+500g DP100

高蛋白组

商业配方

	ME Kcal/K g	CP%	LYS%	Thr%	Met%	Cys%	Trp%
高蛋白	<b>2.93</b>	<b>33.51</b>	<b>2.02</b>	<b>1.19</b>	<b>0.65</b>	<b>0.58</b>	
低蛋白	<b>2.84</b>	<b>31.55</b>	<b>1.90</b>	<b>1.12</b>	<b>0.63</b>	<b>0.56</b>	
<b>DP100</b> 配方期 望价值	<b>180000</b>	<b>3920</b>	<b>240</b>	<b>140</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	



## 实验结果

	初始重 (Kg)	死亡重量 (Kg)	末重 (Kg)	总增重 (Kg)	总增重平 均	投饵量 (Kg)	饵料系数	饵料系数 平均
低蛋白组	57.30		99.30	42.00	42.545	88.40	2.105	2.078141
	57.90	0.79	100.20	43.09		88.40	2.052	
低蛋白+DP100组	58.00	0.70	102.50	45.20	44.8075	88.40	1.956	1.973032
	57.80	0.67	101.55	44.42		88.40	1.990	
高蛋白组	58.00	0.81	103.70	46.51	45.985	88.40	1.901	1.922617
	57.80	0.86	102.40	45.46		88.40	1.945	

结论：DP100在鲤鱼饲料可以提高蛋白消化率

但从表观值来看，添加DP100的低蛋白组的生产性能略低于高蛋白组，如何量化评价DP100的经济价值？



谢 谢!

**NOVUS**<sup>®</sup>  
PERFORMANCE THROUGH INNOVATION

