



# 非常规饲料生物转化与利用

◦ UNCONVENTIONAL FEED UTILIZATION ◦

李英俊

华中农业大学

农业微生物资源发掘与利用全国重点实验室

Tel: 155 8637 1777 /E-mail: [yingjun@mail.hzau.edu.cn](mailto:yingjun@mail.hzau.edu.cn)



一. 非常规原料的开发价值

二. 饲料生物转化及关键控制点

三. 非常规原料生物转化应用案例

四. 结语



**一. 非常规原料的开发价值**

**二. 饲料生物转化及关键控制点**

**三. 非常规原料生物转化应用案例**

**四. 结语**

# 我国饲料原料缺口大

中国海关数据显示，2021年**饲用谷物原料（玉米、小麦、大麦、高粱和玉米酒糟）**累计进口**6033.3万吨**，较上年增长84.2%，其中玉米进口2835.6万吨，较上年增长151.1%，小麦、大麦和高粱分别进口977万吨、1248.2万吨和941.7万吨，分别较上年增长16.6%、54.5%和95.6%；玉米酒糟（DDGs）累计进口30.8万吨，同比增长69.4%；中国**大豆的进口量9652万吨**，同比降5.6%。

图表1：2016-2022年中国大豆进口量及增长情况(单位：万吨，%)



资料来源：中国海关总署 前瞻产业研究院

©前瞻经济学人

# 我国非常规饲料原料资源量大

- ◆ 糟粕类（白酒糟2500万吨、啤酒糟900万吨、醋糟300万吨、果渣1000万吨，棉籽饼粕500万吨，菜籽粕500万吨，豆渣2000万吨，土豆渣500万吨等）；
- ◆ 蔬菜田间剩余物（可收集茎、叶、藤等约4亿吨），蔬菜加工副产物1.5亿吨；
- ◆ 餐饮残渣剩余物1亿吨，动物源加工副产物（骨、羽毛等不可食部分）3000万吨；
- ◆ 秸秆与秕壳约9亿吨。

**饲料资源的有效利用成为饲料行业发展的重要瓶颈**

**非常规饲料原料的开发成为当前饲料行业发展的趋势**

# 非常规饲料资源分类与特点

资源类型	主要包括
糟渣类	白酒糟、啤酒糟、醋糟、豆渣、水果渣、甘蔗渣、马铃薯渣等
饼粕类	菜籽饼粕、棉籽饼、花生粕、芝麻饼、油茶饼粕、葵花籽饼粕、棕榈粕等
糠麸类	米糠、高粱糠、玉米糠、小米糠、小麦麸、大麦麸等
秸秆类	玉米、水稻、小麦、高粱、大豆、红薯、花生等作物秸秆
木叶类	构树叶、桑叶、辣木叶、中草药、木材和竹材加工下脚料
浆汁尾菜类	玉米浆、蔬菜汁、白菜叶、花菜叶、芹菜叶、南瓜等
动物性副产品及粪便类	血粉、羽毛粉、肉骨粉；鸡、猪、牛粪等

非常规饲料资源具有独特的营养价值、不易加工处理、流通成本高、易变质、适口性差、含有抗营养因子，季节性强和有一定地理范围（地源性饲料原料）等特点。

**如何高效转化和利用？**



一. 非常规原料的开发价值

二. 饲料生物转化及关键控制点

三. 非常规原料生物转化应用案例

四. 结语

# 饲料的物质转化过程



**大分子——小分子——大分子**

**蛋白质，淀粉，脂肪等——氨基酸，小肽，单糖，脂肪酸等——蛋白质，脂肪等**

**动物消化器官完成**

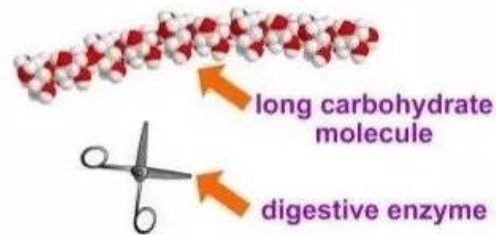
**动物多器官参与合成**

# 饲料在动物消化道的消化方式与能力

	反刍动物		单胃动物					
	场所	能力	兔、马等	猪、狗等	家禽	场所	能力	
物理性消化	口腔、牙齿	强	口腔、牙齿	强	口腔、牙齿	强	肌胃	不错
化学性消化	皱胃、小肠	强	胃、小肠	强	胃、小肠	强	腺胃、小肠	强
微生物消化	瘤胃、后肠	超强	后肠	强	后肠	一般	后肠	差

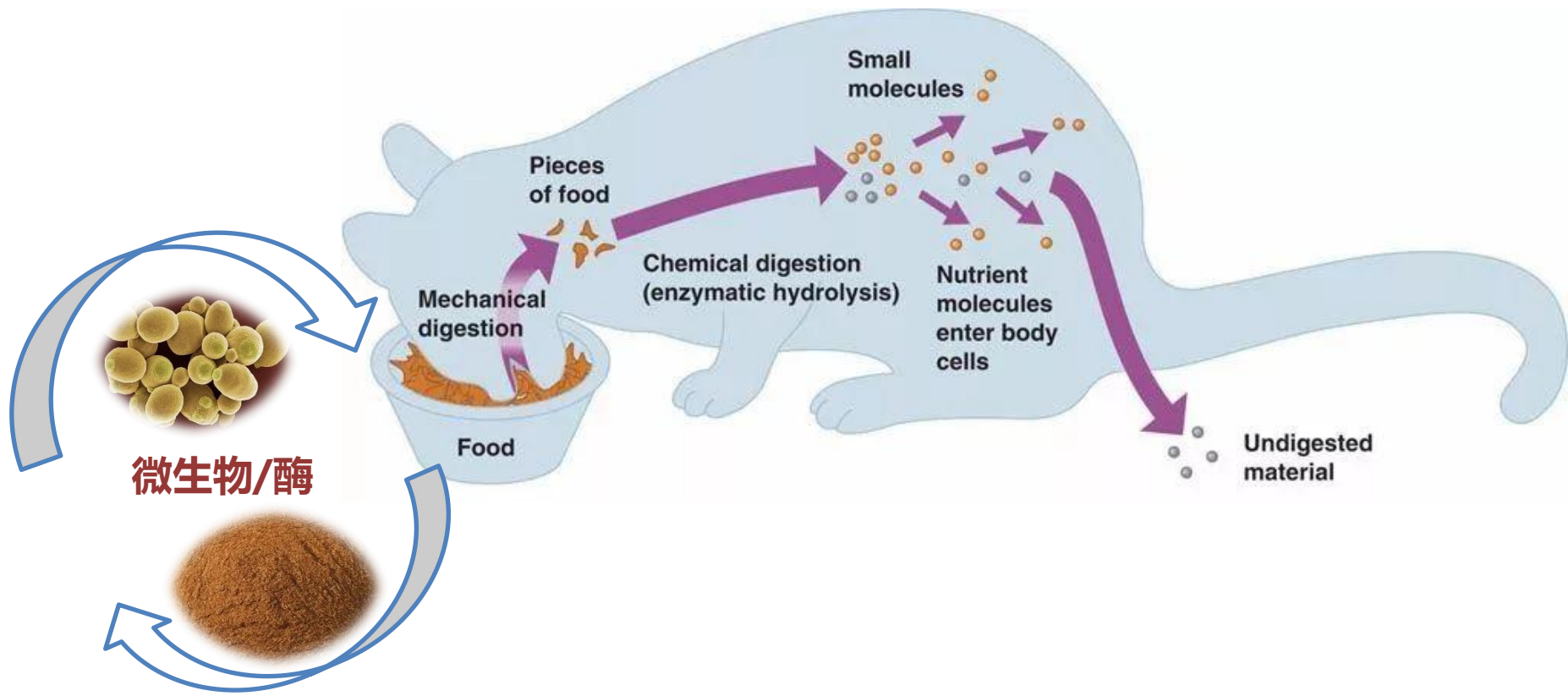


“物理消化”



“化学消化”

# 饲料原料生物化——帮动物再添一个“胃肠道”



# 饲料原料生物化的价值体现

- 据估计，动物用于营养消化的能量消耗占其总能量消耗的**20%—30%**，微生物对营养物质的分解与动物消化过程相似，而**能量消耗可以低至动物的10%左右**。
- 微生物自身可分泌多种消化酶，包括部分动物不能分泌的酶，降解大分子营养，**以提高饲料原料的消化率**。
- 微生物有能力**分解破坏植物性原料中存在的抗营养因子**，提升动物对营养物质的消化吸收。
- 微生物能够合成必需氨基酸、必需脂肪酸、多种维生素以及未知生长因子等**促进动物健康生长**。
- 微生物及其有益代谢产物可以**调控肠道健康，增强免疫屏障和免疫调节**。
- 微生物发酵预处理**改善饲料原料风味与适口性，保鲜易储存**。

# 发酵饲料的开发思路

- 功能定位
- 原料分析
- 菌酶选择
- 工艺适配
- 精准控制
- 安全评估
- 效果评估
- 应用方案



# 发酵关键技术与问题

- 菌种与原料匹配

- 菌种和酶的组合

- 发酵工艺 (厌氧、好氧, 搅拌、进出料等)

- 发酵条件 (水分、温度、pH、溶氧等)

匹配  
组合  
不当

- 发酵升温异常,
- 菌种生长异常,
- 气味异常,
- 原料降解异常,
- 发酵能耗超高等。

发酵失败

# 发酵目标与原料分析

原料名称	发酵关键目标
豆粕	小肽、抗原蛋白、不良寡糖、有机酸
菜粕	小肽、蛋白溶解度、硫甙
棉粕	小肽、棉酚
麸皮	热增耗、纤维素、有机酸、毒素
玉米皮	纤维素、毒素
棕榈粕	纤维素、甘露聚糖、小肽
糟渣、果渣等	纤维素、毒素
米糠/米糠粕/统糠	小肽、有机酸、纤维素、还原糖
玉米、高粱、大麦等	糖化、酶解
尾菜等	抗营养因子、毒素
中草药原料	释放和提升活性功能成分
秸秆等农业废弃物	提升纤维利用率、扩大饲料资源

# 可以使用微生物发酵菌种

农业部2013年《饲料添加剂品种目录》的菌种：23乳酸菌/34

地衣芽孢杆菌  
枯草芽孢杆菌  
两歧双歧杆菌  
粪肠球菌  
屎肠球菌  
乳酸肠球菌  
嗜酸乳杆菌

干酪乳杆菌  
德式乳杆菌乳  
酸亚种（乳酸  
乳杆菌）  
植物乳杆菌  
乳酸片球菌  
戊糖片球菌  
产朊假丝酵母  
酿酒酵母

沼泽红假单胞菌  
婴儿双歧杆菌  
长双歧杆菌  
短双歧杆菌  
青春双歧杆菌  
嗜热链球菌  
罗伊氏乳杆菌

动物双歧杆菌  
黑曲霉  
米曲霉  
迟缓芽孢杆菌  
短小芽孢杆菌  
纤维二糖乳杆菌  
发酵乳杆菌

德氏乳杆菌保加  
利亚亚种（保加  
利亚乳杆菌）  
产丙酸丙酸杆菌  
布氏乳杆菌  
副干酪乳杆菌  
凝结芽孢杆菌  
侧孢短芽孢杆菌

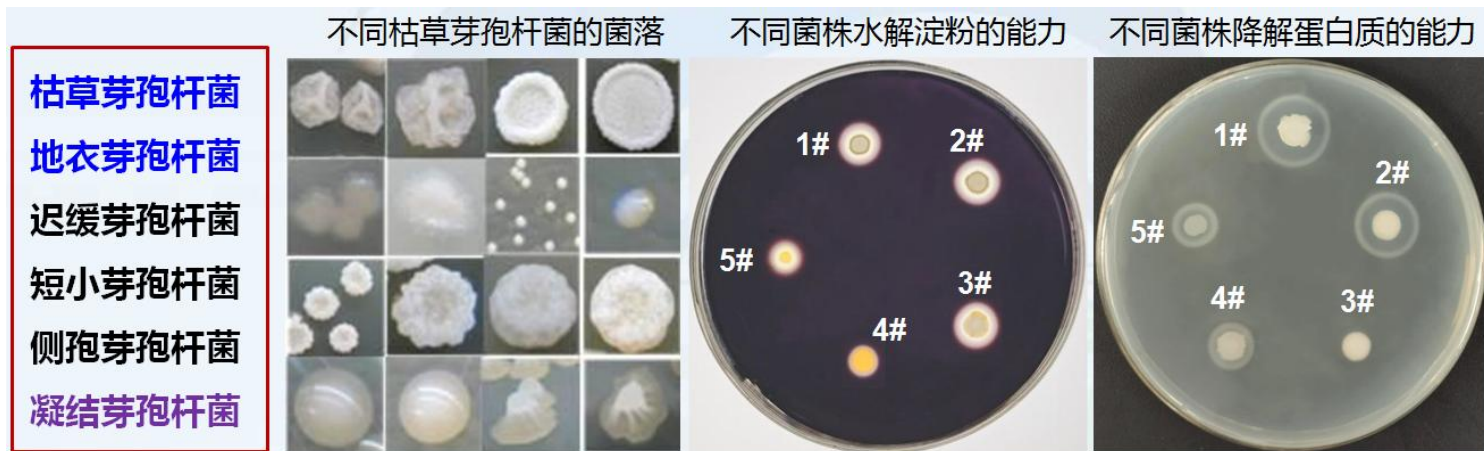
加上丁酸梭菌、布拉迪酵母、约氏乳杆菌、马克斯克鲁维酵母等微生物.....

# 菌株差异与菌株身份

## 农业农村部办公厅文件

农业农村部办公厅关于印发  
《直接饲喂微生物和发酵制品生产菌株鉴定  
及其安全性评价指南》的通知

以枯草芽孢杆菌为例，其菌落形态、淀粉分解能力、蛋白质分解能力存在明显差异。



- ◆ 优良菌株的筛选和鉴定
- ◆ 发酵菌株的复壮及改良
- ◆ 优化生产发酵工艺条件



才能生产出优质的发酵产品

# 菌种的选择与组合

**真菌：黑曲霉、米曲霉、根霉、酵母等。**

**细菌：乳酸菌、芽孢杆菌、丁酸梭菌等。**

根据发酵的需求选取不同菌种，一些情况下需筛选具有特殊功能的目标菌种。

菌种筛选：

**选择性培养基筛选**

**物理、化学诱变**

**条件驯化**

**分子技术（不直接利用微生物，生产酶类）**

饲料发酵需要多种微生物共同参与，每种微生物间存在相互协同，同时也存在互相拮抗的关系，控制好各种群间的关系尤为重要。

如：黑曲霉严格的好氧菌，产生多种复合酶，尤其是纤维降解酶，代谢产热巨大，物料中心温度甚至能达到60℃，单独使用时，物料霉味严重，菌丝缠绕结团；酵母菌兼性好氧菌，好氧生长时，耗氧量大，糖消耗迅速，与黑曲霉共同作用时，迅速利用黑曲霉纤维素酶降解的底物小分子糖，解除一部分底物抑制，同时，通过对氧气的竞争，控制黑曲霉的生长速度和生物量，并且酵母与黑曲霉共同生长时，物料散发出来的是清香味，无霉味。但两者平衡把握不好，就会导致一种无法生长。

# 菌种的选择与组合

## 例1 蛋白饲料发酵

降解大分子蛋白  
提高小肽含量



芽孢杆菌类  
曲霉类

蛋白酶分泌强  
代谢产热大  
脱氨带来臭味  
氧气供应 (曲霉类)



利用其他控制  
微生物

酵母  
乳酸菌

**酵母:**

- ✓ 耗糖快, 耗糖能力强
- ✓ 可以好氧厌氧繁殖, 无氧为酒精代谢
- ✓ 产生诱食香味
- ✓ 产生大量有益代谢产物与营养性物资
- ✓ 可以刺激其它微生物繁殖

**乳酸菌:**

- ✓ 产乳酸、乙酸等有机酸
- ✓ 厌氧或兼性生长
- ✓ 产生抑菌物资



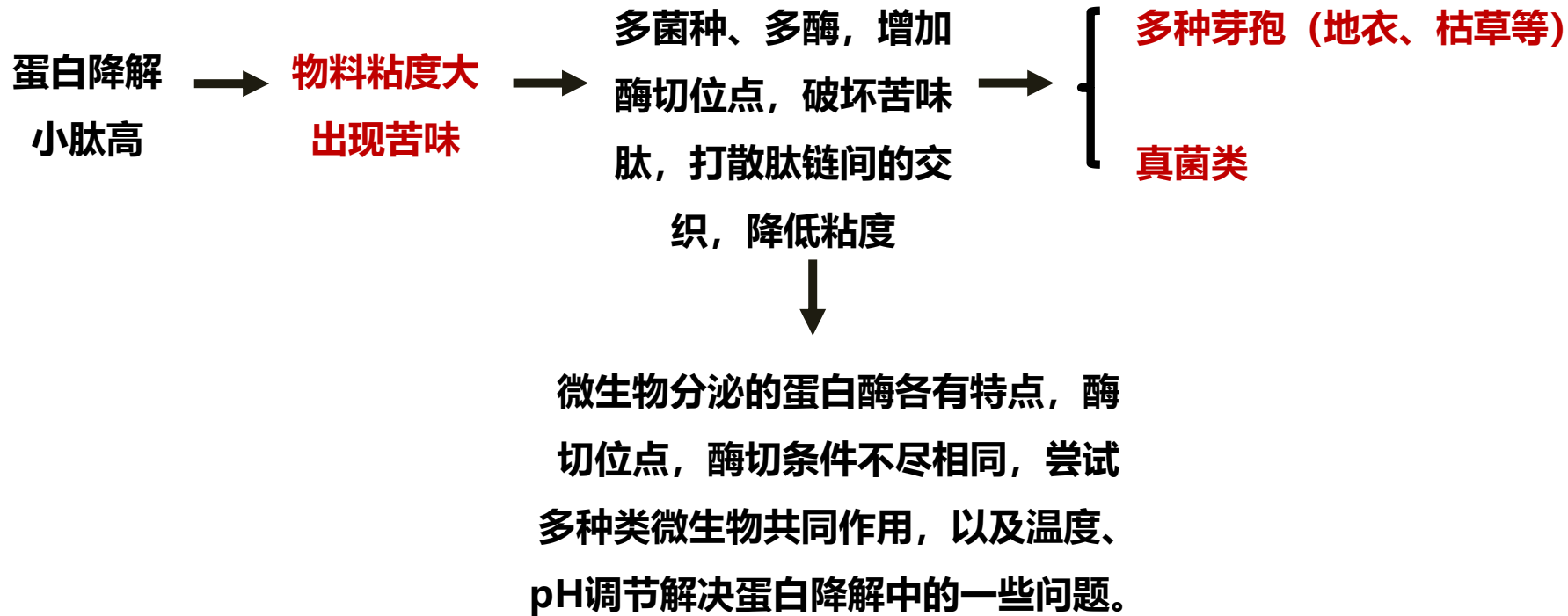
通过对氧气等环境条件适应性、碳氮源利用能力和代谢进程变化, 合理匹配微生物, 使发酵体系达到平衡和可控。



芽孢杆菌  
曲霉 (少  
许)  
酵母  
乳酸菌

例如: 芽孢过量, 臭味严重, 物料水化; 酵母过量, 能耗过高, 蛋白降解差等。

# 菌种（酶制剂）的选择与组合



# 菌种的选择与组合

## 例2 能量饲料发酵

问题：

淀粉含量高

挥发醇、挥发酸多，产热，物料损失大  
过酸，适口性差  
粉料粘结不易操作  
染菌风险大



**明确发酵目的：**淀粉预消化，提高熟化度，提高低聚糖、寡糖含量，提高甜味。



**发酵菌种：**高产各类淀粉酶、糖化酶菌种，同时挥发酸、醇产量少，能耗低。



**发酵方式：**袋装静置厌氧发酵，控制杂菌。



**混料方式：**与含纤维素原料如麦麸等混合发酵。

# 发酵工艺与设备

## 发酵工艺

1、液体发酵—乳酸发酵（不通氧）为主

2、固体发酵

① 好氧发酵

② 静置发酵

③ 厌氧发酵

④ 交叉发酵

对于发酵饲料，固体发酵更具优势。

## 固体发酵设备：

- 槽式发酵（好氧或静置）
- 箱式发酵（静置发酵）
- 袋式发酵（静置发酵）
- 罐式发酵（静置或厌氧发酵）
- 圆盘发酵（好氧）
- 履带式发酵（好氧）

对于同一配方，同一原料的发酵，不同的发酵方式会带来不同的发酵结果。

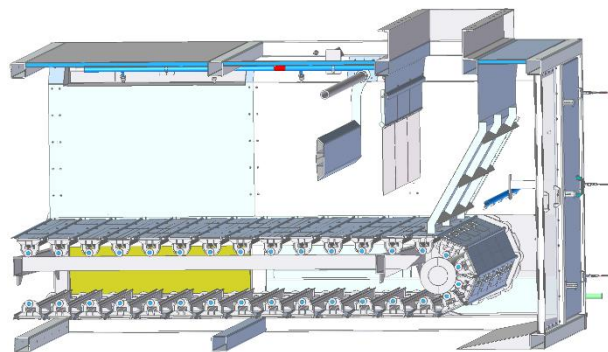
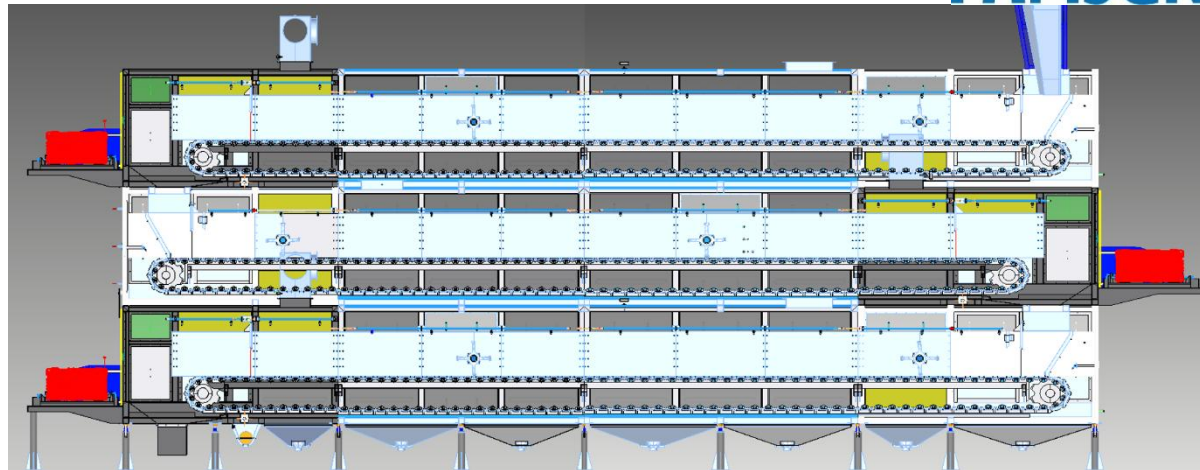
如：同为酵母菌，在堆料高度较低，且带有翻料机翻料发酵时，酵母菌多数处于有氧或微氧生长状态，相对来说酒精产量较低，菌体蛋白的转化率较高；而堆料高度高，且静置密封发酵时，酵母基本处于无氧代谢状态，菌体细胞的生成量极少，糖主要被转化为酒精，所带来的发酵能耗则会升高。

# 发酵设备



## 丰尚智能仿生发酵箱（履带）

- 全自动化生产，无需人工参与，箱体全密封设计，清洁卫生。
- 针对不同发酵工艺，实现多种功能发酵。





一. 非常规原料的开发价值

二. 饲料生物转化及关键控制点

三. 非常规原料生物转化应用案例

四. 结语

# 白酒糟发酵利用

白酒糟富含粗蛋白质、粗脂肪以及抗性淀粉、残糖、有机酸、维生素等。经历了从**废弃物，燃料，饲料填充物再到酿酒酵母发酵培养物**发展过程。

白酒糟酵母发酵的关键技术：

酵母高密度发酵技术（好氧）



酵母接种量、发酵辅料最佳添加比例确定

固体发酵中间补料通风技术



酵母固体发酵工艺与专用发酵设备的联合应用

酵母厌氧发酵、自溶与流化床低温干燥技术

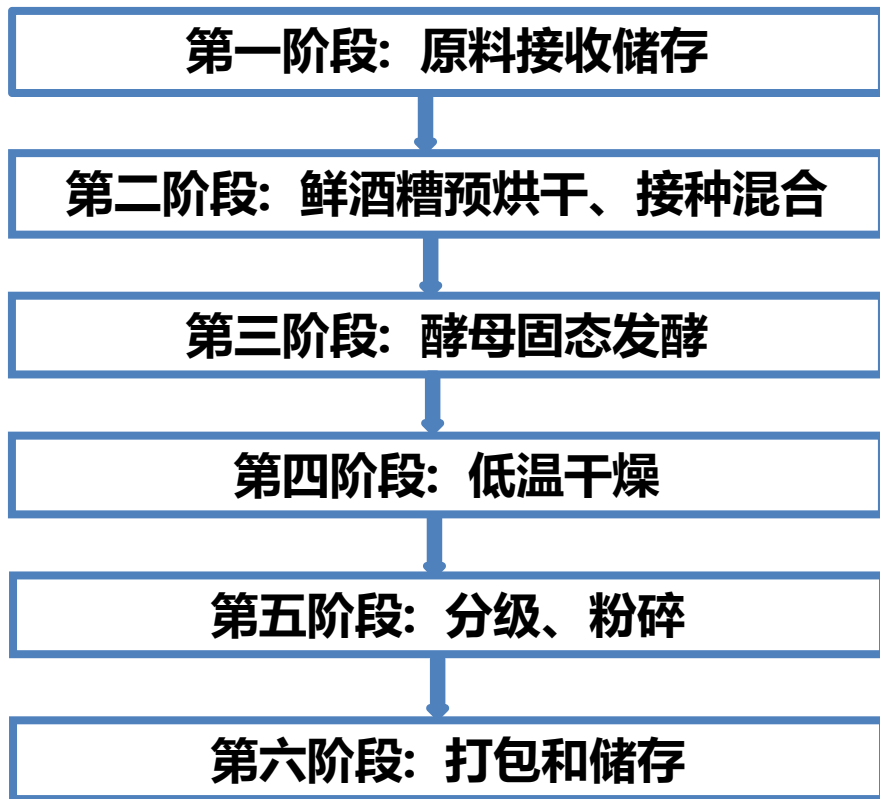


酵母自溶温度与自溶助剂复合酶解技术  
酵母培养物低温干燥专用设备的研制

比传统固体通风  
曲床发酵技术  
菌数高出50%

蛋白质大于20%，  
酸溶蛋白大于5%  
酵母活菌1亿/g

# 白酒糟酵母培养物生产工艺及产品指标



白酒糟酵母培养物常规指标	
检测项目	检测值
干物质%	91.6
粗灰分%	9.8
粗蛋白%	23.76
酸溶蛋白%	6.7
粗脂肪%	2.8
粗纤维%	14.2
中性洗涤纤维%	46.3
酸性洗涤纤维%	18.2
钙%	0.5
总磷%	0.56
总有机酸%≥	5.1
L-乳酸%≥	2.9

# 白酒糟酵母培养物发酵推广意义

- 白酒糟酵母培养物的加工可以实现工厂化和标准化。
- 合理加工，科学使用，100万吨白酒糟相当或大于100万吨粮食饲用价值。



# 棕榈粕发酵利用

棕榈粕是油棕果仁榨油后的副产物，其中含有粗蛋白、粗脂肪、粗纤维、维生素等物质，产量丰富、价格低廉。

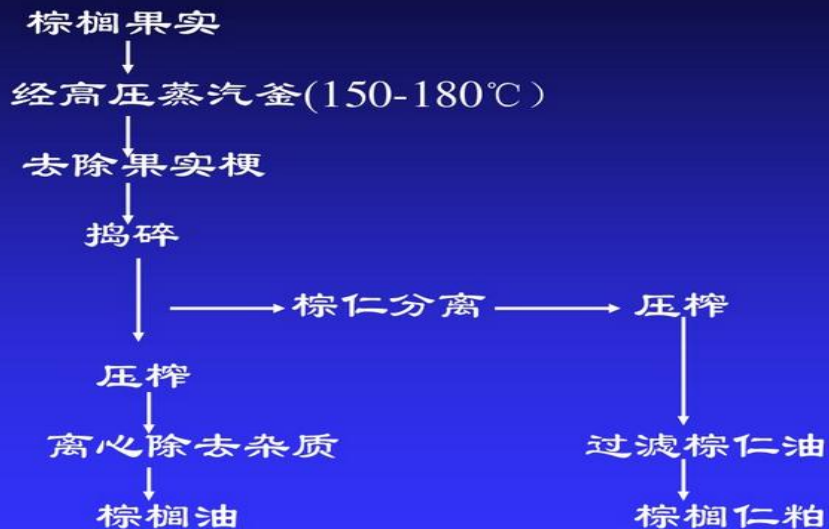
2022年全球棕榈粕产量1000万吨左右。

2022年我国累计进口棕榈粕100.28万吨，较2021年增加7万吨，增幅7.6%。

2023.3.22，棕榈粕（蛋白含量21%）在营口报价1650元/吨。



## 棕榈仁粕的制取



# 棕榈粕营养组成

棕榈粕、玉米、麦麸和米糠营养成分比较				
营养成分	棕榈粕	玉米	麦麸	米糠
干物质 (%)	88	86	87	87
总能 (MJ/kg)	19.15	16.37	/	/
消化能 (MJ/kg)	4.99	14.25	9.37	10.58
粗蛋白 (%)	14-17	8.5	14.5	15.1
粗脂肪 (%)	8-10	3.3	3.9	2
粗纤维 (%)	14-18	2.1	8.9	7.5
粗灰分 (%)	5	1.6	5.9	8.8

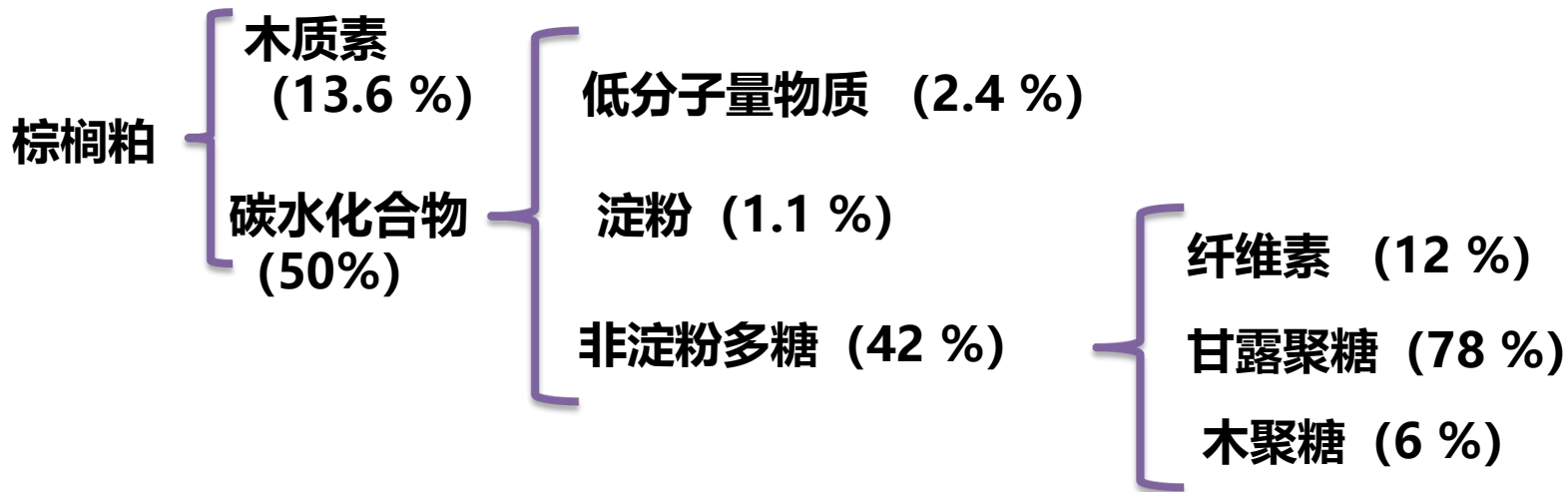
**棕榈粕的总能值约为玉米的1.3倍，消化能只有玉米的35%左右。**

# 棕榈粕应用限制因素

**适口性差** 一些棕榈粕产品有苦涩味，影响了其在饲料中的添加比例

**氨基酸不平衡** 棕榈粕中赖氨酸、组氨酸和苏氨酸含量较低

**非淀粉多糖含量高**



# 饲料端使用情况

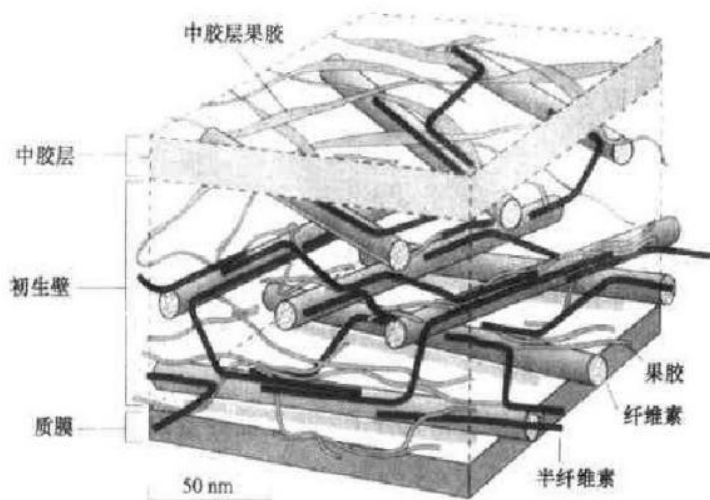
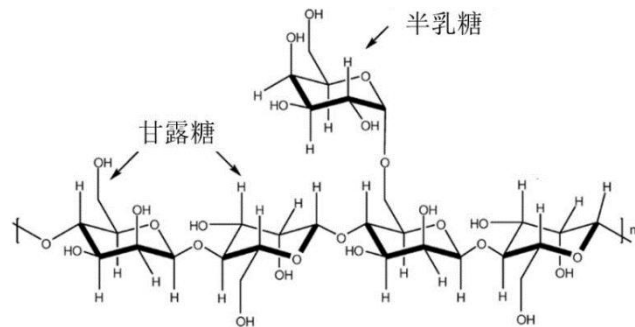
## 直接添加

在饲料中大多当做填充物来使用，难以被机体利用，其本身巨的价值并没有开发大出来。

## 混合发酵

棕榈粕复合原料发酵，采用棕榈粕和玉米、麸皮（或薯干粉、麦粉、次粉等能量饲料）混合后发酵的模式。

微生物利用一部分添加的能量料生长繁殖后，对棕榈粕起到一定的发酵作用，降解程度十分有限，本质上还是没有打开棕榈粕的结构。



# 棕桐粕发酵

## 发酵目的：

软化致密的“纤维结构”，降低NDF；  
改善适口性，提高饲喂价值。

## 发酵难点：

结构过于致密，微生物难以侵蚀。

## 发酵菌种：

- ① 曲霉菌——产各种纤维分解酶、代谢产热大
- ② 乳酸菌——产有机酸、风味物质
- ③ 酵母菌——风味物质、利用各类寡糖及无机氮源

## 发酵方式：

槽式堆积，翻料  
堆料高度40cm

# 棕桐粕发酵

料水比：1：1.5



**对于木质纤维素及纤维素含量高，结构极为紧密的物料，通过非生物手段进行预处理后再进行生物发酵，效果显著；选择或筛选纤维素酶分泌能力强的菌株，对五碳糖、六碳糖等多种单糖有利用能力菌株。**

## 棕桐粕发酵处理效果

- ✓ 纯棕桐粕发酵，不添加其他辅料
- ✓ 经过微生物处理后的发酵棕桐粕，NDF降解率 $\geq 35\%$ ，甘露寡糖达到15%以上，小肽转化率 $\geq 20\%$ 。
- ✓ 包含有机酸、维生素、消化酶类等功能物质。

样品	NDF (%)	蛋白 (%)	小肽/蛋白 (%)	寡糖 (%)
棕桐粕	75	17	0.5	/
发酵棕桐粕	40	18	20	15

发酵改善棕桐粕的营养性能，提高其在养殖中的适用范围和使用量。

## 棕榈粕发酵前后体外仿生消化试验（风干样）

指标	发酵前	发酵后	差值	差值%
总能GE, Kcal/Kg	4297	4330	33	
干物质消化率,猪,%	32.8	46.3	14	41
体外消化能值,猪,Kcal/Kg	1616	2147	531	33
干物质消化率,鸡,%	22.9	40.9	18	78
体外消化能值,鸡,Kcal/Kg	1276	1994	718	56
干物质消化率,鸭,%	23.4	41.0	18	75
体外消化能值,鸭,Kcal/Kg	1294	2025	730	56

数据来源：蓝谷中微技术中心 n=6个样品均样

**仿生消化试验表明，经发酵后棕榈粕的有效能值提高幅度很大。猪、鸡、鸭分别提高了33%、56%、56%。**

# 秸秆饲料化利用

我国每年生产超过6.5亿吨粮食，同时生产约8亿吨秸秆，**综合利用率低**（**饲料利用率不到25%**），**焚烧、废弃和流失量大，污染问题突出。**

玉米总能3900 Kcal / kg

不同秸秆的热值 Kcal / kg

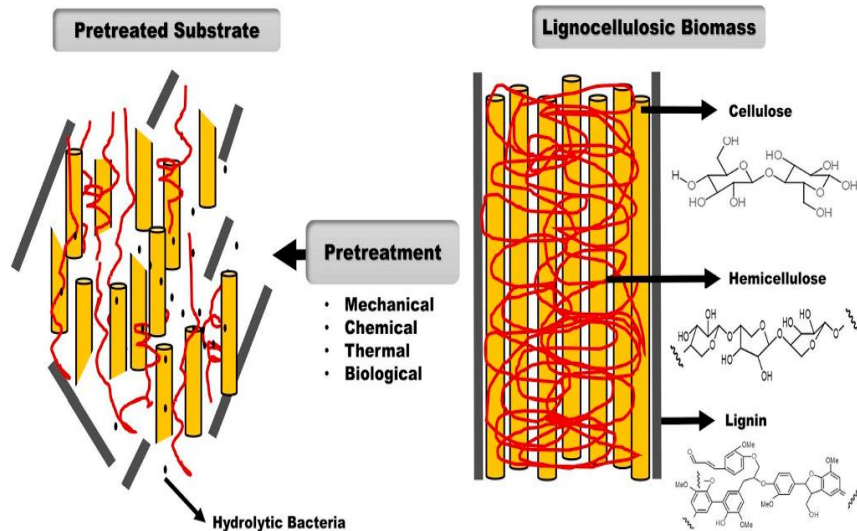
秸秆种类	麦类	稻类	玉米	大豆	薯类	杂粮	油料	棉花
热值	3500	3000	3700	3800	3400	3400	3700	3800

**秸秆能值与粮食相当**

# 秸秆化学成分与结构

	干物质 (%)	灰分 (%DM)	粗蛋白 (%DM)	纤维成分 (%DM)			
				粗纤维	纤维素	半纤维素	木质素
玉米秸	96.1	7.0	9.3	29.3	32.9	32.5	4.6
稻草	95.0	19.4	3.2	35.1	39.6	34.3	6.3
小麦秸	91.0	6.4	2.6	43.6	43.2	22.4	9.5
大麦秸	89.4	6.4	2.9	41.6	40.7	23.8	8.0
燕麦秸	89.2	4.4	4.1	41.0	44.0	25.2	11.2
高粱秸	93.5	6.0	3.4	41.8	42.2	31.6	7.6

粗纤维含量高，蛋白质含量低。反刍动物秸秆有机质消化率50%以下，单胃动物30%以下。



木质纤维素结构示意图 (Hosseini Koupaie et al. 2019)

**要使秸秆可被高效利用，必须先破坏其木质纤维结构**

# 秸秆饲料化利用方式

## 秸秆饲料化利用常见方式

- “干秸秆 + 精饲”，粗放模式，占主导地位。
- “黄贮 + 精饲”，秸秆能量释放仍然有限。
- “青贮 + 精饲”，高效利用模式，但仅适合青绿秸秆。

## 秸秆饲料化创新利用方式

秸秆生物复合处理 + 减量精饲料，精粗全混合日粮。

## 木质纤维原料利用一般工艺流程：



- 关键点：
- ① 预处理方法适用性
  - ② 预处理产生有毒成分应对措施
  - ③ 工程化方面问题

**预处理、脱毒以及纤维素酶的成本限制了木质纤维原料的产业化应用。**

# 秸秆原料及复合生物处理后成分变化

## 秸秆成分分析

原料	纤维素 %	半纤维素 %	木质素 %	灰分 %	真蛋白 %	总活菌数 CFU/g
原料秸秆	32.24±0.56	17.38±64	0.23±0.51	11.00±0.22	7.41±0.04	(7.93±0.21) ×10 <sup>6</sup>
预处理秸秆	37.07±1.09	13.87±17	1.21±0.87	10.65±0.10	8.07±0.46	-
厌氧发酵秸秆	34.25±0.00	10.59±71	0.26±1.91	11.73±0.22	9.35±1.02	(1.59±0.33) ×10 <sup>9</sup>
好氧发酵秸秆	15.98±0.86	7.18±34	1.32±0.69	15.29±0.23	17.04±0.17	(3.59±0.45) ×10 <sup>9</sup>

## 秸秆酶解糖含量比较表 (中试数据)

原料	酶解糖 mg/g 秸秆
预处理秸秆	313.92±6.80
原料秸秆	108.05±1.67



可替代能量饲料



可替代蛋白饲料

复合处理后的秸秆质地松软，有醇香味，适口性增强，营养提升。

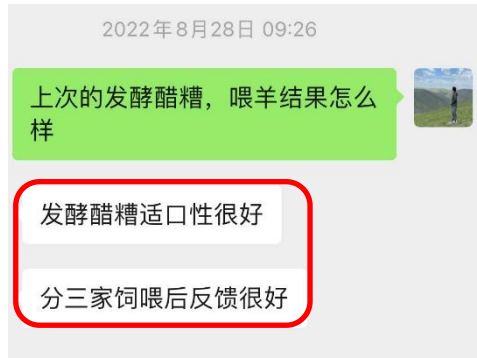
## 秸秆原料高值饲料化

- 1、联合处理：物理处理（粉碎）+化学处理（免脱毒）+生物处理（发酵）+瘤胃可实现秸秆高效利用。每g秸秆酶解后还原糖释放量由0.2g提高到0.5g以上，相当于粮食原料的70%—75%。
- 2、破坏纤维交联结构，暴露纤维素，提高酶解效率，提高消化率和能量价值。通过厌氧发酵，一吨玉米秸秆可以转化为与三吨青贮饲料价值相当的优质草料。
- 3、通过动物饲喂效果验证，在肉牛养殖上实现**精料30%玉米减量替代**，在肉兔养殖上**实现12%玉米减量替代**，在肉猪养殖上**实现10%玉米减量替代**，具有显著的经济和社会效益优势。
- 4、多菌种混合发酵，发酵周期5-6天，饲料蛋白质含量提高到17%以上，养分指标达到优质牧草（如苜蓿）的80%左右。

# 醋糟发酵利用

我国醋糟资源丰富，醋糟含粗蛋白质6%~15%、粗脂肪5%~12%、富含微量元素、营养丰富，但是粗纤维较高35-45%，适口性差。

	粗蛋白	粗纤维	乳酸菌数 (湿料)	pH
发酵前	11.31	43.12	-	6.5
<b>乳酸菌厌氧发酵</b>	12.94	39.65	≥200亿/g	4.2



# 尾菜发酵利用

蔬菜富含粗蛋白、可溶性碳水化合物以及粗脂肪等，维生素丰富，但含水量高，达到90%以上；同时也有结构性碳水化合物和硫代葡萄糖苷等抗营养因子。

**控水方式：**1、预烘干（成本高）；2、掺混麦麸、秸秆等干性原料；3、打浆离心固液分离

**发酵方式：**1、水分70%以下直接青贮；2、固态厌氧发酵（乳酸菌培养物）；3、固态有氧发酵（酵母和丝状真菌，提蛋白、氨基酸、膳食纤维）；4、液态深层发酵生产单细胞蛋白或乳酸菌



# 中草药发酵利用

- 芽孢杆菌
- 酵母菌
- 乳酸菌
- 丁酸梭菌

复合菌

液固联合仿  
生深度发酵，  
不同菌种更  
好发挥协同  
作用，兼顾  
菌种活性与  
发酵效果。

- 黄芪、甘草、刺五加
- 茵陈、白术、茯苓
- 栀子、柴胡、党参

中药



传统中药

作用慢

用量大，增成本

良药苦口

益生菌发酵中  
药

益生菌发酵强  
化中药优势

吸收快，疗效  
好，用量小

安全无毒

良药不再苦口



金百合生物  
JBH Bio-Tech



一. 非常规原料的开发价值

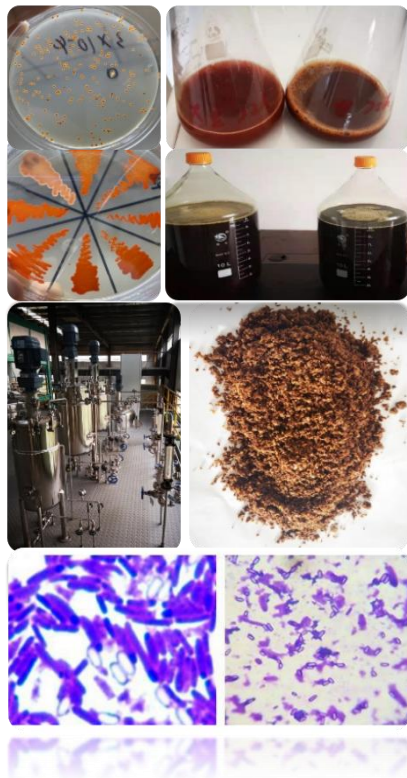
二. 饲料生物转化及关键控制点

三. 非常规原料生物转化应用案例

四. 结语

# 非常规饲料原料利用创新

- 功能性微生物应用：高产谷胱甘肽、虾青素、类胡萝卜素酵母选育，罗伊氏乳杆菌、双歧杆菌等功能性乳酸菌。
- 活菌与代谢产物兼顾的发酵微生物：凝结芽孢杆菌、丁酸梭菌等在发酵饲料中的应用。
- 配套酶制剂和添加剂，如非淀粉多糖酶制剂、脱毒酶制剂、天然防霉剂、抗氧化剂等。
- 多原料组合发酵，均衡营养，提升饲用价值和功效。
- 液态/粥状料发酵技术与应用。



# 结 语

- 充分了解国家规定范围内微生物发酵性能 (知人善用)
- 菌种与发酵工艺的选择依据 (因材施教“酵” & “酵道”有方)

(1) 首先明确发酵原料和发酵的目的

(2) 根据原料和目的选择菌种类型

(3) 最后确定发酵工艺与参数



- 发酵效果判断 (见微知著)

(1) 底物变化

(2) 产物变化

(3) 发酵微生物变化



勤读力耕 立己达人

敬请大家批评指正！

