

营养活性物质组学产品研发和应用的理论和实践

卢德勋（内蒙古农牧业科学院）

2017.9.22



汇报内容

1

概述

2

营养活性物质组学：组学产品研发的理论基础

3

营养活性物质组学产品品质评价指标体系

4

营养活性物质组学产品应用技术体系

5

营养活性物质组学产品应用技术体系

01

概述



营养活性物质

▲ 营养活性物质定义：

饲料原料天然存在的或饲料营养物质在饲料加工过程中及在动物体内消化代谢过程之中产生的，具有诸如促进肠道健康、维持理想的免疫平衡和氧化平衡和调节基因表达等特殊营养调控或保健功能的微量成分（卢德勋，2005、2017）

▲ 对于饲料原料或产品中存在的营养活性物质在英文文献中不同学者曾使用过不同术语，诸如：

Nutricines, Adams, 1999

Pronutrients, Rosen, 1996

Growth promotants, Thomked Iwinger, 1998i

Non-nutritive consituents, Wettasinghe, 2002

英文文献中对“营养活性物质” 不同用语

- ↔ Bioactive components
- ↔ Bioactive compositions
- ↔ Food bioactives
- ↔ Nutraceutical compounds
- ↔ Non-nutritive components
- ↔ Non-nutritive compounds
- ↔ Non-nutritive constituents
- ↔ Non-nutritive factors
- ↔ Non-nutrient factors
- ↔ Phytochemicals
- ↔ Pronutrients

在饲料原料和产品中存在的主要营养活性物 (**nutricines, Adams, 2007**)

 **Carotenoids** 类胡萝卜素

 **Enzymes** 酶类

 **Fatty acids** 脂肪酸类

 **Flavours** 调味剂

 **Oligosaccharides** 低聚糖

 **Organic acids** 有机酸

 **Phospholipids** 磷脂

 **Polyphenols** 多酚

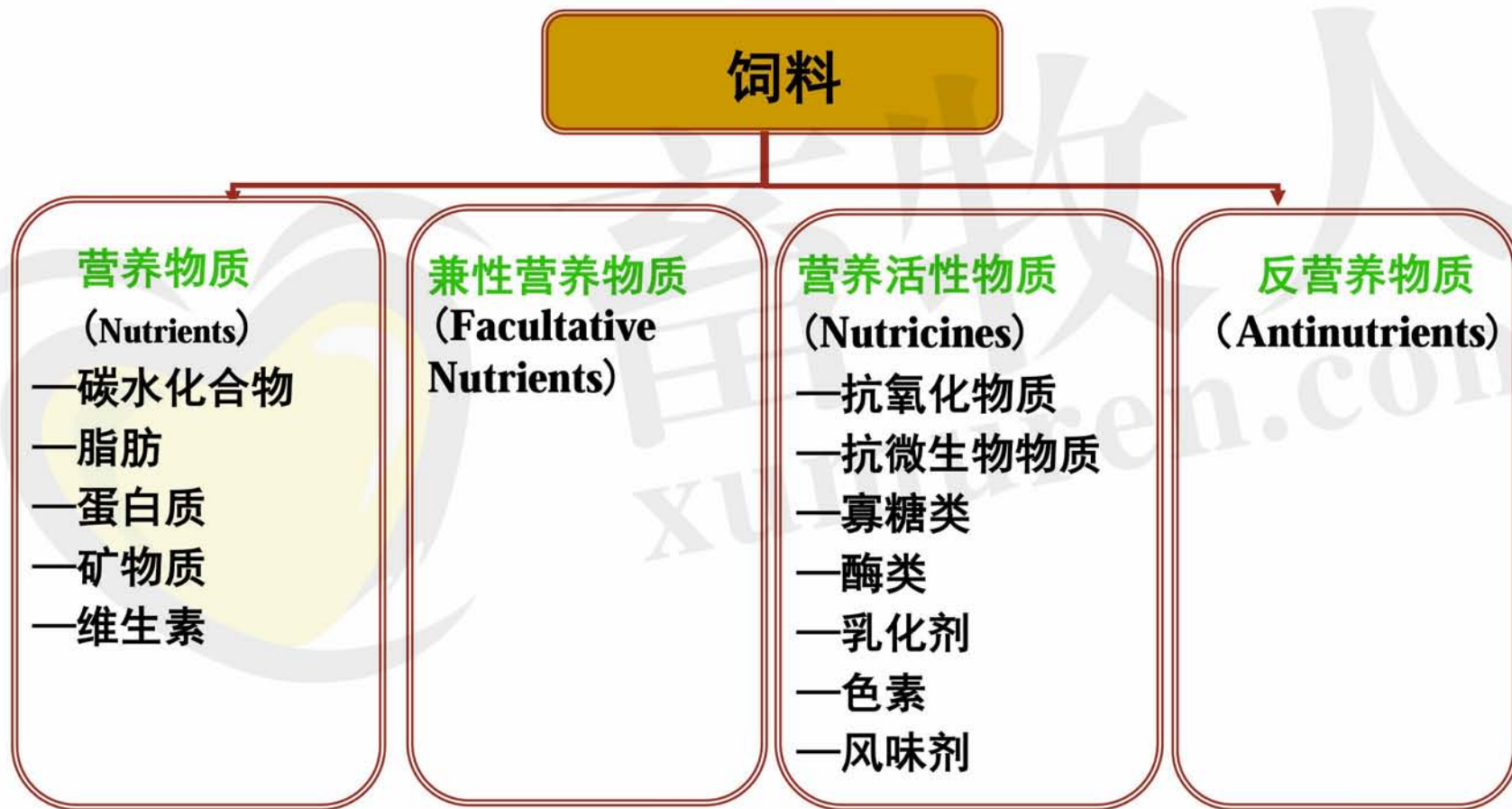
Adams博士对营养活性物质（**nutricines**）研究的贡献

- **Adams**, C. A博士多年来从事饲料营养研究和技术研发和推广工作，是国际动物营养领域全方位营养（**Total Nutrition**）倡导者，他积极提倡健康养殖和清洁养殖现代畜禽养殖决策科学理念，长期与美国著名企业**Kemin**公司合作，为近45个国家和地区的畜禽养殖技术的创新和发展出了重要贡献
- **Adams**博士特别在营养活性物质（**nutricines**）方面的研究做出了突出贡献：一是在国际上正式提出使用**nutricines**一词，为营养活性物质正名，被越来越多学术刊物和机构所采用；二是把营养活性物质研究放在前所未有的突出位置，作为健康营养（**Nutrition-based Health**）的重要组成部分，并把利用营养活性物质进行调控作为重要的营养策略

卢德勋对营养活性物质（nutricines）研究的创新和发展

- 1 提出了一个对饲料营养组成的崭新见解，把营养活性物质正式列入饲料正常营养组成，并把反营养物质与那些具有反营养作用的营养活性物质加以严格区分，对传统饲料科学整体现代化发展具有开创性贡献
- 2 饲料营养组成的新见解为传统饲料营养价值评定技术和日粮配合技术现代化发展提供了新思路，开辟了新途径
- 3 首次提出营养活性物质组学理论，为营养活性物质组学产品研发提供了理论基础

饲料营养组成的新见解



饲料营养组成的新见解（卢德勋，2004，2012）

饲用精油含有的营养活性物质

♥ 饲用精油的化学成分非常复杂，含有烃、醇、醚、酚、酸、酯、醛、酮、内酯等成分，以芳香族、脂肪族、氢化芳香族和杂环族化合物为主，其中含量最多的是氢化芳香族的萜、倍半萜及其含氧化合物

♥ 饲用精油的化学成分具体有以下几种：

① **萜烯类化合物**：此为精油的主要成分。依据其基本结构分为3类，单萜衍生物（如薰衣草稀、茵香醇等）、倍半萜衍生物（如广藿香酮、金合欢烯等）和二萜衍生物（如油杉醇等）

② **芳香族化合物**：仅次于萜烯类的第二大类化合物，主要分为两类衍生物，萜源衍生物（如百里香酚、孜然芹烯）和苯甲烷类衍生物（如桂皮醛、八角茴香中的茴香脑等）

③ **脂肪族化合物**：主要是一些小分子化合物，含量较少，几乎存在于所有的精油中，如橘子、柠檬、薄荷、香茅等精油的异戊醛，迷迭香、桉叶、缬草精油的异戊酸，沙棘油的乙酸乙酯

④ **含氮、含硫化合物**：这类化合物中含有氮、硫，因而一般具有强烈辛辣气味。含硫化合物（如洋葱精油中的三硫化物、大蒜精油中的大蒜素、黑芥子中的异硫氰酸酯等）和含氮化合物（如存在于柠檬中的吡咯，存在于茉莉、玳玳精油中的吡啶等）

营养活性物质的主要功能

- 1 保持饲料或食物原料的品质和卫生
- 2 促进营养物质的消化和吸收
- 3 调节消化道内微生物区系
- 4 与基因组互作，影响基因表达
- 5 影响免疫系统的功能，调节氧化状况平衡

营养活性物质组学产品定义

- ◆ 所谓营养活性物质组学产品一般是指那些在营养活性物质组学理论的指导下，经过某种特定的加工技术生产出的含有众多营养活性物质，用于营养调控和动物保健的饲用添加剂产品
- ◆ 从严格意义上讲，营养活性物质组学产品必须符合以下三个条件：
 - 按照营养活性物质组学理论研发和生产的产品
 - 经过配套的现代产品品质评价技术检验过的产品
 - 具备行之有效的配套的饲用技术体系的产品

营养活性物质组学产品作用机制特点

◆ 营养活性物质组学产品是一个由众多营养活性物质分子组成的复合体，由此导致其在动物体内作用方式和途径的多样性，形成一种多靶点、多指向综合（包括协同）作用机制。只有应用代谢组学技术才能有助于从系统水平阐明其作用机制的整体性和动态变化

◆ 营养活性物质组学产品的作用位点覆盖机体不同层次，但是重点在分子层次。只有通过针对不同层次作用机制的整合才能最终阐明其科学内涵

◆ 营养活性物质组学产品在机体内部与日粮来源和代谢产生的各种营养物质和代谢产物存在复杂的相互作用

现有组学型营养调控剂产品 或候选产品

酵母培养物
等微生物发
酵产品

植物提取物
产品（饲用
精油等等）

中草药添加
剂

酶制剂产品

现行组学型产品研发和应用存在的主要局限性



02

营养活性物质组学： 组学产品研发的理论基础



营养活性物质组学(Nutricinemics)的提出

1 卢德勋（2005）首次提出“营养活性物质组学”的新概念，为营养调控剂产品研发提供了科学的理论指导

2 所谓营养活性物质组学，其定义是研究天然存在的各种营养活性物质之间的相互作用与人工配合的各种营养活性物质间的优化组合以及它们的整体功能，而不是仅仅单单研究某一种活性物质的功能和技术的一个动物营养学和饲料科学的研究方向

营养活性物质组学理论是生命科学中组学理论 在动物营养学和饲料科学中间的应用和发展

系统生物学中代谢组学
和相互作用组学为开展
营养物质组学理论的研究
和研发组学型饲料产品
和应用技术提供了可
贵的研究思路和研究方
法

所谓**代谢组学**（metabonomics）
是指“定量描述生物内源性代
谢物质的整体及其对内因和外
因变化应答规律的科学”（张
自立和王振英，2009）。这一
科学分支体现了系统生物学的
整体观，也在一定程度上反映
出了不同的“**时**”“**空**”的动
态性。

单一营养活性物质学与营养活性物质组学比较

单一营养活性物质学	营养活性物质组学
单一营养活性物质	复杂多种营养活性物质组混合物
强调某一营养活性物质功能	强调多种营养活性物质组合和整体功能
以提取和使用某种营养活性物质作为技术重点	以研究和发展天然和人工营养活性物质组合技术重点
属于传统营养学范畴	属于系统营养学范畴

今后急待围绕营养活性物质组学开展的研究课题

1

饲料原料或日粮内营养物质与营养活性物质之间的相互作用，及其代谢规律的研究

2

饲料原料内营养活性物质在动物体内安全性的研究

3

由多种营养活性物质组成的功能性的营养活性物质组学产品系列研发

4

组学型产品品质评价和应用技术研发

组学型产品研发和应用技术研究

当前应做的三件事

对现有的成熟的组学型产品的机制和应用技术进行深入研究

研究与组学型产品相配套的实用技术，比如研究与使用组学产品时，其中活性成分与其他日粮成分的组合效应和发展系统集成型技术以及研究对组学型产品饲用效果的评定技术；建立快速、准确的生物活性物质分析技术等等



加强对新一代组学型产品的研发和利用，其中包括植物提取物产品、微生物发酵产品和其他生物资源活性物质的研发和利用

03

营养活性物质组学产品品质评价指标体系



1

使用营养活性物质组学产品的根本目的在于营养调控和动物保健，加之含有众多复杂的营养活性物质，所以现有的添加剂品质评价技术已远远无法满足对该类产品品质评价的需求。根据营养活性物质组学理论建立符合营养活性物质组学产品特定需求的现代品质评价指标体系势在必行

2

这一评价体系既要包括一些传统的添加剂品质评价方法，还要特别包含一些与营养活性物质功能相关的产品各组分组学图谱指标以及特定的生理功能性指标，比如肠道健康指标、免疫平衡指标和氧化平衡指标等等

肠道健康评价指标体系

绒毛高度/隐窝深度比值 (V/C)

V/C比能够综合反映肠道的功能，比值下降，表明消化吸收功能降低

肠道通透性评价

常用方法主要有分子探针法、乳果糖/甘露醇比值法、二胺氧化酶法、体外尤斯灌流室法、血清D-乳酸法和内毒素法；体外尤斯灌流室法、血清D-乳酸法和内毒素法等

肠道免疫功能评价

主要通过测定肠道免疫细胞、免疫球蛋白、细胞因子、溶菌酶等免疫相关物质的含量，来反映肠道的免疫状态

肠道微生物菌群结构和多样性评价

主要通过传统平板计数、实时荧光定量PCR、变性梯度凝胶电泳(DGGE)以及宏基因组测序等方法。此外通过对动物肠道内有益和有害代谢物的分析，能够较为全面的评价肠道内环境

评定免疫平衡的候选指标

CD4 / CD8比值:

它是动物和人体内的T淋巴细胞的亚型的数目比值。也就是CD4 T淋巴细胞和CD8 T淋巴细胞的比值。CD4分子分布在T细胞的辅助细胞和抑制细胞诱导亚群（helperinducer/suppressorinducer）表面，而CD8分子分布在抑制性T淋巴细胞（suppressorTlymphocyteTs）和杀伤性T淋巴细胞（cytotoxicTlymphocyteCTL或Tc）表面，它们在鉴别T细胞亚群中有重量要作用。这些细胞表面标志也和细胞的不同功能相关，所以该数目的比值就有相应的功能体现和临床意义

Th1/Th2 的比值:

CD4阳性细胞群是一个不均一的亚群，可分为Th1 和Th2 两个亚群，分别针对外来物质和病原微生物启动免疫应答。这些细胞可以分泌免疫信息蛋白等细胞因子，担负着免疫调节的生理功能。在一般情况下，Th1/Th2 应该处于平衡状态，但是由于多种因素影响，两者往往会导致不平衡。Th1/Th2 平衡指标在人类以外的其它动物方面应用的研究尚很大潜力，今后急需开展将这一指标作为评定动物免疫平衡状况一个辅助性指标，而不是唯一指标的研究

氧化状况平衡评定指标

评定机体 整体氧化 状况平衡 状况指标:

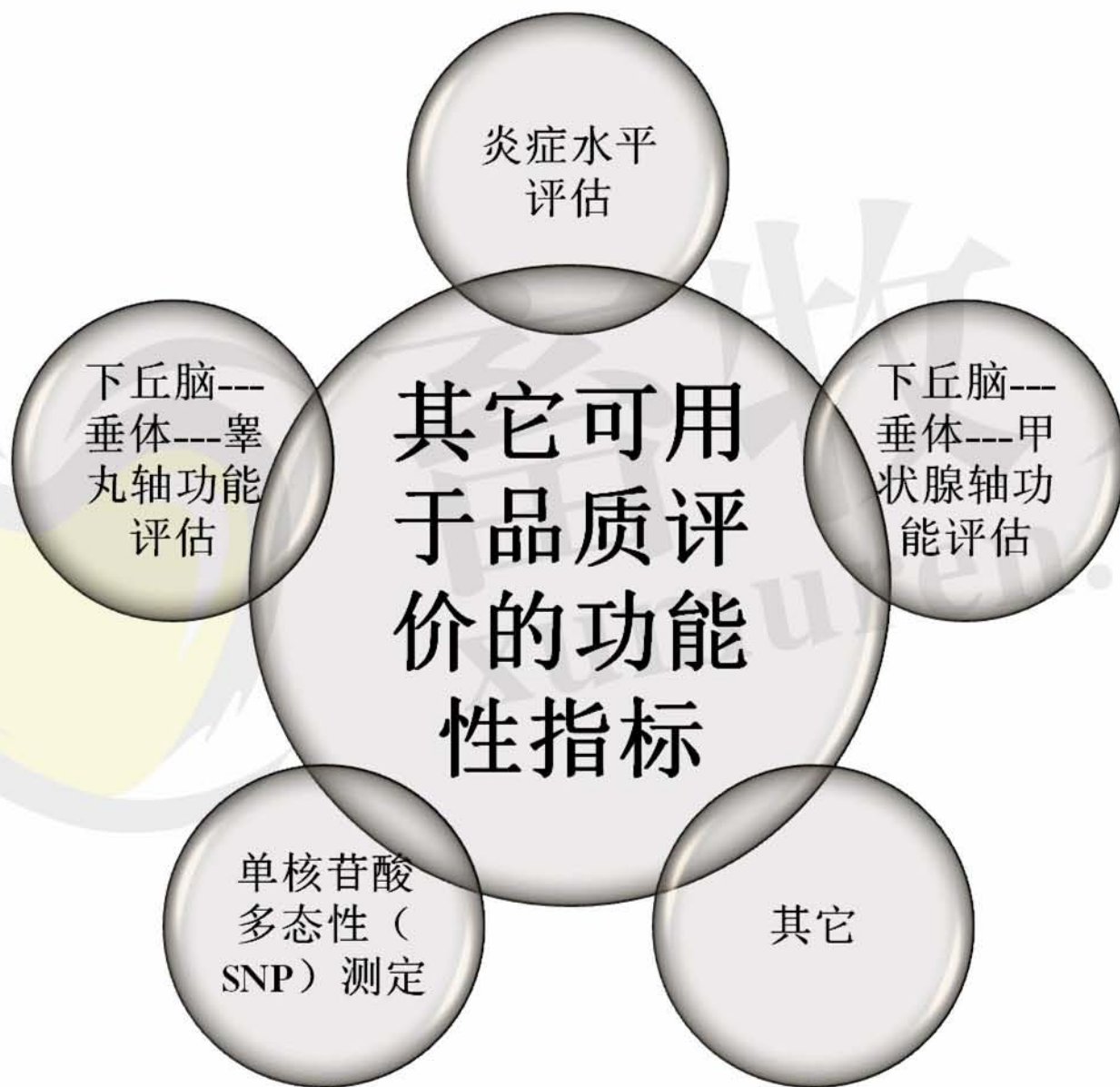
- Trdiox 当量抗氧化力法 (TEAC)
- 血浆铁还原力测定 (FRAP)
- 测定抗氧化酶 (硒谷胱甘肽过氧化物酶、超氧化物歧化酶和过氧化氢酶等等)
- 测定抗氧化剂 (谷胱甘肽、硒、维生素E、尿酸、维生素C、锌和类胡萝卜素等等)
- 硫代巴比妥酸反应产物分析法 (TBARS)

评定机体 内部脂肪 氧化应激 损伤指标:

- 测定呼气中碳氢化合物 (乙烷和戊烷是-3PUFA和-6PUFA过氧化代谢产物)
- 低密度脂蛋白 (LDL) 氧化测定
- 测定血液和尿液中的异前列素类化合物
- 测定丙二醛 (MDA) 评定脂质过氧化状况
- 硫代巴比妥酸反应产物分析法 (TBARS)

评定机体内部蛋 白质氧化应激损 伤指标:

- 测定尿液二酪氨酸的排出量
- 测定血液丙烯酸



04

营养活性物质组学产品应用 技术体系



概 述

如上所述，产品研发与应用技术脱节、产品应用技术单打一，缺乏整体观念和产品应用未能融入动物营养工程技术体系，进行‘体系’作战是当前组学型产品在应用技术方面存在主要‘软肋’

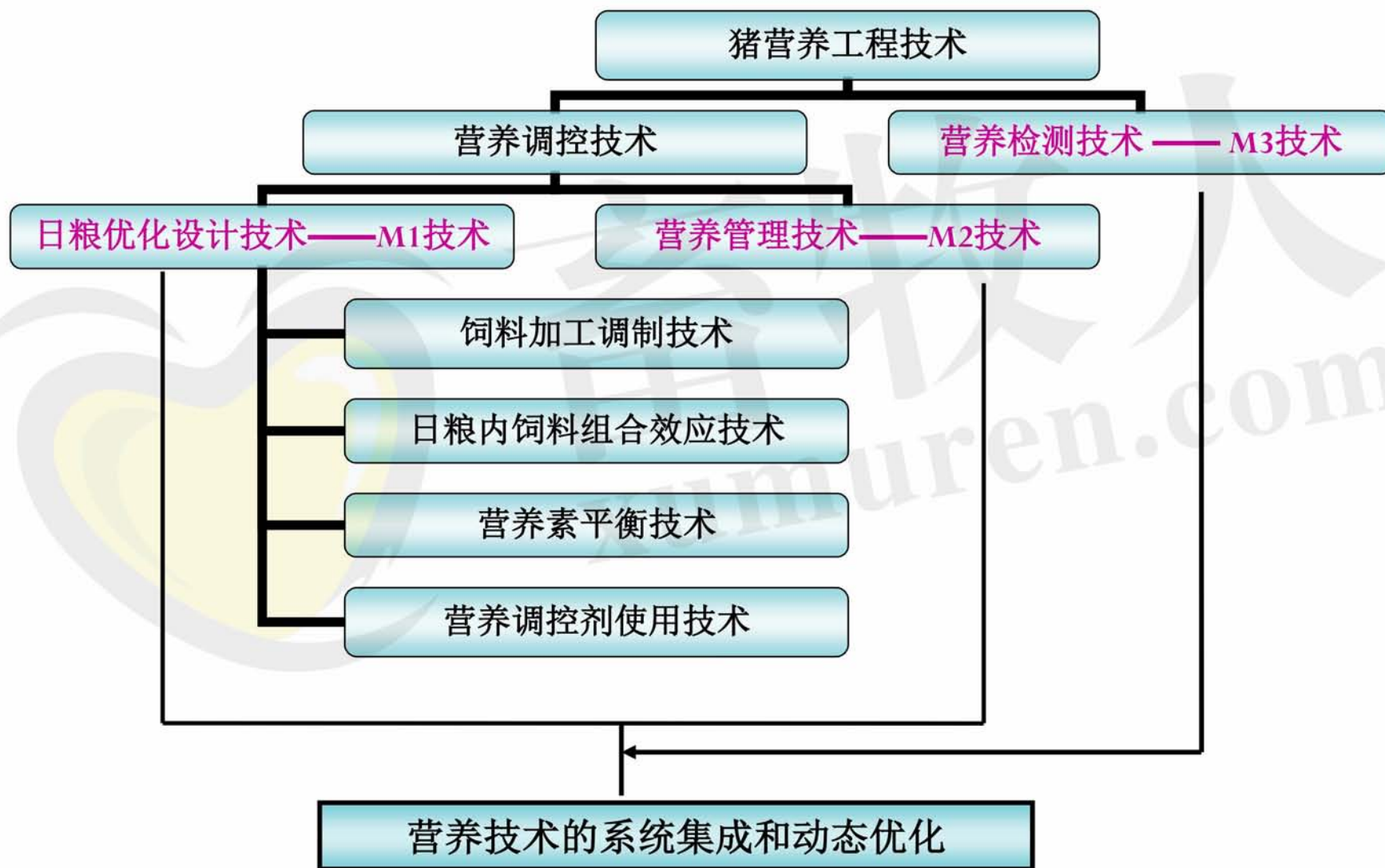
发展具有时代特征的组学型产品在应用技术体系是该系列产品和技术研发的当务之急

具有时代特征的组学型产品在应用技术体系应当具有这样两个根本性技术特征：一是系统集成和动态优化技术模式；二是能全面体现科学的饲用原则

系统集成和动态优化技术模式

- 系统集成和动态优化技术模式要求组学型产品必须融入动物营养工程技术体系，进行‘体系’作战
- 动物营养工程技术体系的理论框架属于系统集成型的技术体系。它体现了现代动物营养理论的时代特征、可持续发展特征，具有广阔的兼容性和很强的可操作性，为组学型产品发挥‘体系’作战优势提供了一个可持续发展的系统集成型技术模式
- 所谓动物营养工程技术体系是指针对动物的营养生理特点和相应的饲养模式，围绕一定的饲养决策目标，将多种营养调控技术之间和内部加以系统集成，以充分发挥各种技术的整体优势，组织实施动物的营养调控的系统工程，以实现理想的饲养决策目标的成套的营养技术

猪的营养工程技术体系



猪的营养工程技术体系的定义

- 围绕一定的生产目标和营养调控目标，根据当地可利用的饲料资源和其他各种影响因素（动物、饲料和环境的因素）在对猪的营养需要量进行优化决策基础上对日粮进行优化配方设计。通过日粮优化设计，在优化加工工艺的基础上给猪提供一个能在满足其营养需要的前提下具有特殊营养调控功能、饲养安全、工艺质量合格、经济合算的日粮。同时使之与相配套的猪营养管理技术加以系统集成，通过使用营养检测技术形成一种动态优化的饲养方案（卢德勋，2007）

动物营养工程技术体系的特征

1

营养调控优先

2

灰箱性质

3

综合技术、系统集成

4

动态优化

5

检测-决策-预测三位一体

6

技术决策和运行的精准性

组学型产品饲用科学原则

1

人性化原则

2

精细化原则（个体化原则）

3

优化原则

4

科学的经济原则

5

安全原则

人性化原则

人性化原则是动物福利现代科学理念在饲料利用方面的具体体现，其具体含义是在饲料利用和动物养殖中要善待动物，坚持健康养殖

只有坚持人性化原则才能做到现代养殖四大优化决策目标统筹，实现养殖业可持续发展的目标

在饲料利用坚持人性化原则一要科学、安全利用饲料资源和产品；二是要发展与之配套的系统集成型的饲养技术体系

精细化原则

饲料利用的精细化原则包括两个方面含义，一是根据动物生理阶段和性别优化设计饲料利用方案，二是根据畜禽生产水平等个体差异优化设计饲料利用方案

坚持饲料利用精细化原则是坚持四个统筹优化饲养决策目标，实现养殖业可持续发展根本途径之一

饲料利用的精细化原则是对传统饲料科学和传统动物营养学中间唯饲养标准的初级技术理念的一种重要的理论和技术的发展和升级

优化原则

```
graph LR; A[优化原则] --> B[饲料利用的优化原则其具体含义是指在实践应用中间根据实际情况达到较为理想的目标，而不是一味追求最佳的目标]; A --> C[营养检测技术是评估饲料利用优化原则的技术依据];
```

饲料利用的优化原则其具体含义是指在实践应用中间根据实际情况达到较为理想的目标，而不是一味追求最佳的目标

营养检测技术是评估饲料利用优化原则的技术依据

如何在融入动物营养工程技术体系，进行‘体系’作战中全面体现饲用科学原则

在组学产品研发过程中要根据动物不同生理阶段、不同饲养决策目标和环境因素设计针对性产品，使其系列化

在日粮优化设计过程中要针对不同饲料原料的特点和日粮类型，尽可能做到日粮其它成分与组学型产品成分

在融入动物营养工程技术体系，进行‘体系’作战时，利用营养工程技术的‘**导弹智能化**’动态优化功能达到精准营养效果

影响组学型产品应用效果的主要因素

组学型产品只有对日粮类型有明确的针对性，才能取得最佳的应用效果

组学型产品的添加量

动物种类和生理阶段

动物日粮营养水平和营养平衡状况

组学型产品对高温和高压等工艺处理的耐受性

05

结语



营养活性物质组学产品的研发和应用有极其巨大的发展潜力和令人鼓舞前景

1

目前营养活性物质组学产品的研发和应用尚存在一些认识误区，严重影响着这一领域的进一步发展和提高

2

营养活性物质组学理论的提出为组学型产品的研发和应用指明了正确的方向

3

在营养活性物质组学理论指导下，发展具有时代特征的组学型产品的品质评价体系 and 饲用技术体系是当务之急，势在必行。实现这一战略目标尚需进一步转变观念，解放思想，做大量创新性研究才能取得突破性进展。

4

转变观念，自主创新，引领未来

**Thanks for your
attention !**

