

有机酸和酶 与仔猪

康俊卿 郭传甲 编著



中国农业科技出版社

(京)新登字 061 号

内 容 提 要

仔猪培育是制约养猪生产水平提高的重要因素之一。为适应现代养猪生产发展和提高仔猪培育效果而编著本书。主要内容包括酶的反应特点、作用机理、影响酶促反应速度的因素,有机酸的性质、作用,猪体与饲料的化学组成,饲料在体内的转化,哺乳仔猪的特点及死亡分析、关键性时期和饲养技术、断乳仔猪和健康猪的培育、饲料添加剂在仔猪生产中的应用等。该书理论联系实际,密切结合生产,内容丰富,资料新颖,科学性、实用性强。可供广大畜牧工作者参考。

有机酸和酶与仔猪

康俊卿 郭传甲 编著

责任编辑 赵学贤

封面设计 王旭刚

中国农业科技出版社

(北京海淀区白石桥路 30 号) 邮政编码 100081

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

河北清城县新星印刷厂印刷

开本:787×1092 毫米 1/32 印张:7 字数:150 千字

1994 年 7 月第一版 1994 年 7 月第一次印刷

印数:1~2000 册 定价:7.20

ISBN 7-80026-740-7/S·530

前 言

我国是养猪大国，约占世界养猪总数量的 38%，猪肉食用量约占我国人民食肉总量的 83%。近年来，我国养猪发展很快，生产水平明显提高，正在缩小与先进国家的差距。

仔猪是发展养猪生产的物质基础，仔猪具有生长发育快、可塑性大、利用饲料经济的特点，大量事实说明，仔猪培育是制约养猪生产水平提高的重要因素之一。我国养猪业，由于仔猪生长缓慢、死亡率高，即影响猪群数量的发展，又拖长猪的肥育期，导致耗料多、成本高、经济效益低。死亡 1 头初出仔猪，约损失饲料 63 千克，一头母猪年提供 20 头断乳仔猪，每头仔猪负担 74 千克饲料，如年提供 10 头断乳仔猪，每头仔猪负担 145 千克饲料。

近二、三十年来，由于动物营养学、生理学、生物化学、有机化学、化学工程、生物工程、环境卫生学、兽医学等学科的发展，进一步提示了制约仔猪生长发育的因素，随着科技成果在仔猪生产中的不断应用，使仔猪的增重速度和成活率明显提高。饲料添加剂的广泛应用是养殖技术和生产水平提高的重要标志之一。酶是生物细胞内一类高效有机催化剂，了解酶的反应特点、作用机理、影响酶促反应速度的因素；了解有机酸的性质、作用；了解猪体与饲料的化学组成和饲料在体内的转化；根据仔猪生长发育快、消化腺机能不全的特点，在仔猪饲料中，添加酶制剂、有机酸等添加剂，加强护理和饲养，以提高消化腺的分泌水平和胃肠道的消化能力，增

进食欲，促进生长发育，降低单位增重的耗料。例如，在断乳仔猪的日粮中添加淀粉酶，增重提高 20.3%；在早期断乳仔猪的日粮中添加 2% 的柠檬酸，增重提高 16.05%，单位增重耗料降低 10.13%；在哺乳仔猪的饲粮中添加香味剂，采食量提高 5.88%，增重提高 12.5%；在断乳仔猪的饲粮中添加乳酸杆菌，增重提高 8.6%。

本书以仔猪的习性、特点、营养需要为依据，对主要营养物质的代谢，仔猪的培育技术，饲料添加剂尤其是酶制剂、有机酸等的作用及添加效果作了阐述。参阅了近年来出版的科技著作和学术论文以及作者的科研资料。力求把理论与实践融于一体，密切结合生产，实用，内容丰富，可读性好。希望能给读者一点启示，愿本书的刊行对养猪生产的发展和促进仔猪生产水平的提高有所裨益。

本书编著中参阅了许多学者的著作和论文，特致谢意。

由于作者水平有限，对一些问题的认识欠深刻全面，又因时间仓促，书中错误和不足之处，恳请读者批评指正。

编著者

1994 年 7 月

目 录

一、有机酸	(1)
(一) 羧酸	(1)
1. 酸碱概念	(1)
2. 羧酸的分类和命名	(2)
3. 羧酸的物理性质	(5)
4. 羧酸的化学性质	(7)
(二) 取代羧酸	(16)
1. 羟基酸	(16)
2. 羧基酸	(22)
3. 氨基酸	(26)
(三) 羧酸和取代羧酸选述	(46)
1. 柠檬酸	(46)
2. 乳酸	(61)
3. 苹果酸	(65)
4. 丁烯二酸	(67)
5. 高级脂肪酸	(69)
二、酶	(71)
(一) 酶的概念及化学本质	(71)
(二) 酶促反应的特点	(73)
1. 酶的催化效率高	(73)
2. 酶作用具有高度专一性	(73)
3. 体内酶活性的调控	(76)

4. 酶作用可逆性与可逆反应的概念	(76)
(三) 酶作用的机理	(77)
1. 酶的催化作用与分子活化能	(77)
2. 酶—底物复合物	(78)
3. 酶的活力中心	(79)
4. 与酶高效催化有关的因素	(82)
(四) 影响酶促反应速度的因素	(85)
1. 温度对酶反应速度的影响	(86)
2. pH 值的影响	(87)
3. 底物浓度的影响	(88)
4. 酶浓度对酶促反应速度的影响	(89)
5. 激活剂对酶促反应速度的影响	(89)
6. 抑制剂对酶的影响	(92)
(五) 别构酶	(98)
(六) 同功酶	(99)
(七) 酶的分类和命名	(101)
1. 酶的命名	(101)
2. 酶的分类	(103)
(八) 辅基或辅酶	(107)
1. 氧化还原酶的辅基或辅酶	(107)
2. 转移酶类的辅基或辅酶	(113)
3. 生物素	(116)
4. 金属酶类	(117)
(九) 酶的制备	(117)
1. 有机溶剂沉淀法	(118)
2. 盐析法	(118)

3. 吸附法	(118)
(十) 酶活力的测定	(119)
三. 饲料化学组成与体内转化	(121)
(一) 饲料与猪体组成	(121)
1. 饲料是养猪的物质基础	(121)
2. 饲料与猪体组成	(121)
3. 饲料和猪体化学组成的差别	(122)
(二) 猪的消化与吸收	(123)
1. 消化器官与消化过程	(123)
2. 口腔与胃消化	(125)
3. 小肠消化	(127)
4. 大肠消化	(128)
5. 吸收	(129)
(三) 消化器官整体的消化生理活动	(132)
1. 消化腺的分泌水平	(132)
2. 食物通过消化道的速度	(3)
3. 消化器官和消化过程的联系	(133)
4. 物质在消化道与血液间的交换	(134)
(四) 仔猪的消化生理	(134)
四. 仔猪的特点及饲养技术	(138)
(一) 新生仔猪的环境变化	(138)
(二) 哺乳仔猪死亡分析	(138)
1. 死亡损失	(138)
2. 死亡分析	(140)
3. 应注意的问题	(141)
(三) 哺乳仔猪的生长与生理特点	(142)

1. 生长发育快物质代谢旺盛	(142)
2. 消化器官不发达消化腺机能不全	(143)
3. 缺乏先天免疫力容易得病	(145)
4. 调节体温机能不全对环境温度应激力差	(148)
(四) 仔猪的关键性时期	(149)
1. 抓乳食过好初生关	(150)
2. 抓开食过好补料关	(157)
3. 抓旺食过好断乳关	(158)
(五) 仔猪培育的技术措施	(159)
1. 提高仔猪初生重	(159)
2. 提高仔猪断乳重	(166)
3. 仔猪的早期断乳	(180)
(六) 断乳仔猪的养育	(183)
1. 原圈培育	(183)
2. 饲料和饲养制度的过渡	(184)
3. 环境过渡	(184)
(七) 健康猪的培育	(184)
1. 培育健康猪的意义	(184)
2. 培育健康猪的方法	(185)
3. 杜绝感染	(187)
五. 饲料添加剂在仔猪生产中的应用	(189)
(一) 饲料添加剂简述	(189)
1. 添加剂的概念	(189)
2. 添加剂的分类	(190)
3. 作为添加剂应具备的条件	(190)
4. 添加剂应用须知	(191)

(二) 酶类饲料添加剂的应用.....	(192)
1. 酶制剂的作用	(192)
2. 酶制剂的添加效果	(193)
(三) 有机酸添加剂的应用.....	(196)
1. 有机酸的作用	(196)
2. 有机酸的添加效果	(197)
3. 饲喂酸化饲料应注意的问题	(198)
(四) 香味剂的应用.....	(199)
1. 香味剂的作用	(199)
2. 香味剂的添加效果	(199)
3. 香味剂的应用前景	(200)
(五) 竞生素的应用.....	(201)
1. 竞生素的作用	(201)
2. 竞生素的添加效果	(201)
3. 竞生素的应用前景	(202)
(六) 螯合物的应用.....	(202)
1. 螯合物的形式与类型	(202)
2. 螯合物的添加效果	(203)
3. 螯合物的使用简况	(204)
(七) 某些添加剂的概述.....	(205)
1. 氨基酸的添加	(205)
2. 维生素的添加	(206)
3. 抗生素的添加	(208)

一. 有机酸

(一) 羧酸

1. 酸碱概念

在化学发展中,曾出现和应用过许多种不同的酸碱概念,现在在化学中应用的有三种:

酸碱的离子概念 (溶剂——离子概念)

酸碱的质子概念 (质子转移概念)

酸碱的电子概念 (配位概念)

而应用较广泛的是布朗斯特和路易斯酸碱概念。

(1) 酸碱的质子概念 1923年布朗斯特和劳来,分别提出了较为广泛的酸碱概念,在反应中能放质子的物质均称为酸,凡能在反应中接受质子的物质称为碱。酸碱反应是质子(H^+)从酸转移给碱,所以称为质子转移概念。

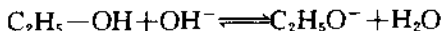
布朗斯特酸或碱可以是正离子、分子或负离子,酸给出质子后剩余的部分是碱,称为该酸的共轭碱,碱接受质子后成为酸,称为该碱的共轭酸。因此,凡是碱都有一个共轭酸,凡是酸都有一个共轭碱,酸和它的共轭碱或碱和它的共轭酸,统称为共轭酸碱对,简称共轭酸碱。



酸 碱 碱 酸



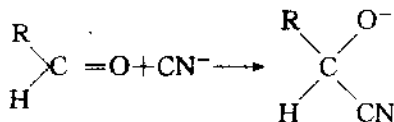
酸 碱 碱 酸



酸 碱 碱 酸

酸碱概念是相对的，同一分子或离子在这一反应中是酸，而在另一反应中可能就是碱，而且共轭酸碱的相对强度存在一定的关系。酸性如果越强则其碱性就弱，反之，碱性如果越强则酸性越弱。

(2) 酸碱电子概念 路易斯差不多与布朗斯特同时，提出酸碱电子概念。认为碱是具有孤电子对或有 π 电子的供给体，而酸是具有空轨道能接受电子对的电子接受体。酸和碱反应，就是碱的孤电子对或有 π 电子通过配位跃迁到酸的空轨道中而形成酸碱络合体的反应。



几乎所有的无机和有机化合物都可以设想为由酸碱两部分组成的酸碱络合体。

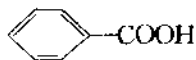
大部分的无机、有机反应，都可以看成酸碱反应（路易斯酸碱），而氧化还原反应可以看成是酸碱反应的一个极端。

2. 酸酸的分类和命名

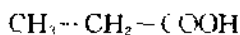
根据酸碱质子（或电子）理论，以羧基（ $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{OH} \end{array}$ ）为官能团的化合物称为羧酸，当羧酸烃链上的氢被其它原子或原子团取代后所形成的衍生物称为取代羧酸如：羟基酸、羧基酸（酮酸或醛酸）、氨基酸等。许多羧酸和取代羧酸是重要的天然产物，有些以游离状态存在，有的结合成重要的天然产物，如高级脂肪酸组成脂肪，氨基酸组成蛋白质，有些是

新陈代谢的中间产物如羟基酸、羧基酸等。

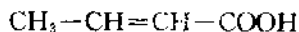
根据羧酸分子中烃基结构的不同，可把羧酸分为脂肪族羧酸（包括饱和羧酸和不饱和羧酸），芳香族羧酸。又根据羧基数目的不同分为一元、二元和多元羧酸。例如：



苯甲酸
(芳香酸)



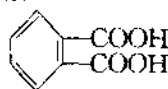
丙酸
(脂肪酸)



2-丁烯酸
(不饱和酸)



乙二酸



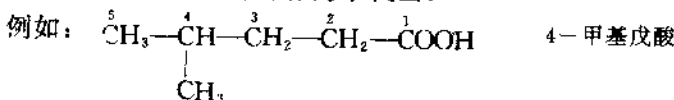
邻苯二甲酸

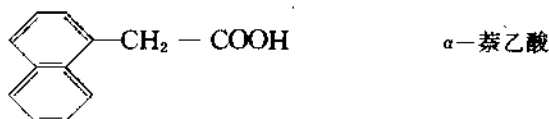
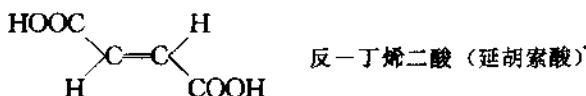
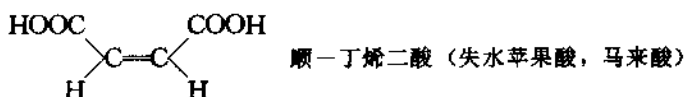
羧酸的命名有俗名和系统命名法两种：俗名是根据羧酸的最初来源命名，在生物学科中经常使用羧酸的俗名，在下面的名称介绍中，括号中的名称即为羧酸的俗名。

脂肪族一元饱和羧酸的系统命名法为：选择含有羧基的最长碳链为母体，根据其碳原子数命名为某酸，对母体编号从羧基端开始，取代基的位置名称写在母体名称之前。不饱和羧酸选择含有羧基的不饱和和最长碳链为母体，称某烯酸或某炔酸，编号从羧基开始。

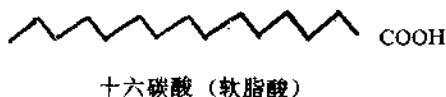
二元羧酸选含有两个羧基的最长碳链作为母体。根据碳原子个数称为某二酸。

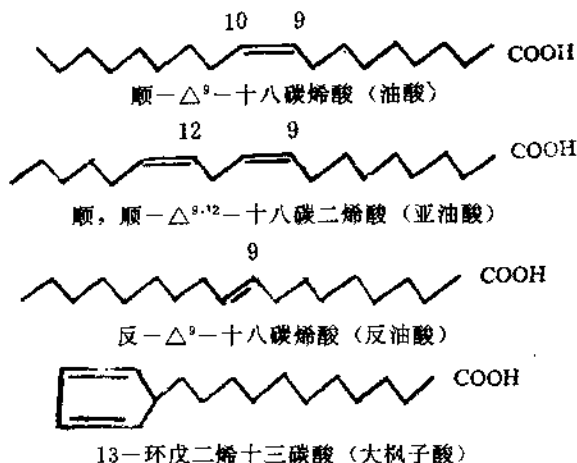
芳香酸一般把芳环作为取代基。





组成油脂的高级脂肪酸种类很多, 现已发现有五十多种, 其中有饱和的, 也有不饱和的, 绝大多数是偶数碳原子的直链高级脂肪酸。高级脂肪酸的命名同样也有系统命名和俗名两种。系统命名的原则与一般羧酸基本相同。饱和高级脂肪酸也是按所含碳原子数称为某碳酸, 不饱和高级脂肪酸按其所含碳原子数和双键数分别称为某碳烯酸, 某碳二烯酸等。并用希腊字母“ Δ ”表示双键, 将双键的位次写在“ Δ ”的右上角。例如:

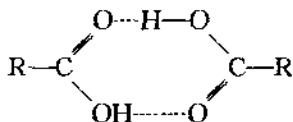




除了以上这些高级脂肪酸外, 有些油脂中也含有低级脂肪酸, 如在奶油中就含有丁酸, 己酸、辛酸等, 这些羧酸的命名, 前以述及。

3. 羧酸的物理性质

羧酸分子中的羧基是较强的极性基, 具有比醇羟基更强的彼此间以氢键缔合的能力, 经实验证明, 低分子量的羧酸即使在气态下也是以双分子缔合体的形成存在。



因此羧酸比相应的醇具有更高的熔点和沸点。在室温下饱和一元脂肪酸中的甲酸、乙酸、丙酸是具有刺激性臭味的液体, C_4-C_9 的酸具有腥臭气味的液体, 而更高级羧酸是无味的蜡状固体。脂肪族饱和二元酸和芳香酸在室温下是晶状

固体。

羧基是亲水基,而且它与水分子的氢键缔合力比较强,所以羧酸的水溶度比醇大。如甲酸、乙酸、丙酸和丁酸与水可完全混溶。随羧酸分子量加大,疏水烃链比例加大,水溶性则迅速下降。饱和脂肪酸的熔点高于相应的不饱和脂肪酸的熔点,物质的熔点不仅与化合物的分子量、极性有关,而且与晶体中分子的排列情况有关,分子的对称性越大,熔点也就越高,含偶数碳原子的碳链,比含奇数碳原子的对称性要高,所以也就有较高的熔点。例如:硬脂酸比含一个双键的油酸熔点高,油酸又比含两个双键的亚油酸熔点高。因为硬脂酸为饱和脂肪酸,烃链上碳原子均为 sp^3 杂化,使碳链呈线状锯齿形排列,这种有规则而紧密的排列,分子间吸引力大,形成牢固密集的晶体结构,所以熔点较高,而不饱和酸如油酸中,碳碳双键的顺式构型使分子有一弯曲处,阻碍了分子在固态时彼此紧密靠近,分子间吸引力较小,致使油酸比硬脂酸熔点低。脂肪酸中,顺式构型的双键越多,熔点则越低(表 1-1)。硬脂酸与油酸的分子排列为:

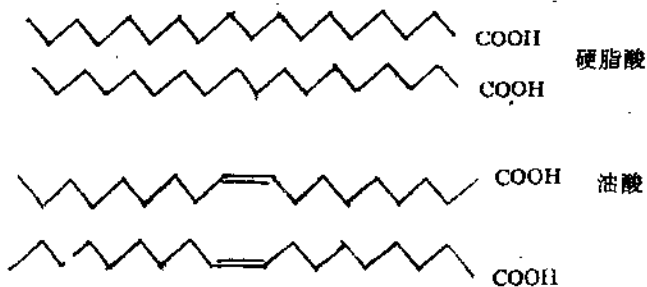
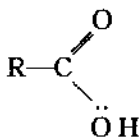


表 1-1 重要的脂肪酸

俗 名	分子式	熔 点	分布情况
酪 酸	C_3H_7COOH	-7.9	奶油
羊油酸	$C_6H_{11}COOH$	-3.4	奶油、羊脂、可可油
羊脂酸	$C_7H_{15}COOH$	15.7	奶油、羊脂、可可油
羊蜡酸	$C_9H_{19}COOH$	32	椰子油、奶油
月桂酸	$C_{11}H_{23}COOH$	44	鲸蜡、椰子油
豆蔻酸	$C_{13}H_{27}COOH$	54	肉豆蔻脂、椰子油
软脂酸	$C_{15}H_{31}COOH$	63	各种油脂
硬脂酸	$C_{17}H_{35}COOH$	70	各种油脂
花生酸	$C_{19}H_{39}COOH$	75	花生油
山芋酸	$C_{21}H_{43}COOH$	80	山芋、花生油
掬焦油酸	$C_{23}H_{47}COOH$	84	花生油
油酸	$C_{17}H_{33}COOH$	13.4	各种油脂
亚油酸	$C_{17}H_{31}COOH$	-5	亚麻油、桐籽油
亚麻酸	$C_{17}H_{29}COOH$	-11	桐籽油、亚麻油
桐油酸	$C_{17}H_{29}COOH$	49	桐油
花生四烯酸	$C_{19}H_{31}COOH$	-49.5	卵磷脂、脑磷脂
芥酸	$C_{21}H_{41}COOH$	33.5	菜籽油、芥菜籽油

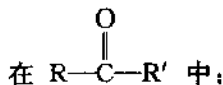
4. 羧酸的化学性质

羧基是一个结构比较复杂的官能团。羧基中的碳原子是 SP^2 杂化，所以 $O-C-O$ 之间的夹角为 120° ，并与烃基碳原子在同一平面上。羧基氧上的孤电子与碳氧双键产生了 $p-\pi$ 共轭，从而导致碳氧双键与碳氧单键的键长趋向平均化。



C=O 键长 1.23Å

C-O 键长 1.36Å

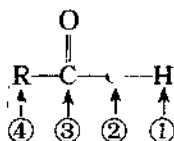


C=O 键长 1.20Å

C-O 键长 1.43Å

虽然羧基可以看作羟基与羰基直接相连而成的基团，但由于 p- π 共轭体系的形成，使它不再具有典型的羰基和羟基的性质。羟基氧原子的电子密度降低，氧原子将更强烈地吸引 O-H 键的共用电子，从而增加 O-H 键的极性，易放质子 H^+ ，因此羧酸有比醇、酚更强的酸性，氧原子电子密度降低越多，则酸性越强。碳原子电子密度增高，难以接受亲核试剂的进攻，C=O 键上不起亲核加成反应。碳原子由于电子密度的增高，C-O 键的极性就降低，因而羟基被取代的反应比醇更困难。

又由于羧基为一个整体，在激烈条件下还可以发生 R-C 键的断裂。同时烃基和羧基间也互相影响，综合考虑，可从以下四个方面来研究羧酸的化学性质。



①酸性反应

②羟基被取代

③脱羧反应

④羧基对烃基的影响

(1) 酸性 羧酸在水溶液中可电高出氢离子，所以有明显的酸性。

