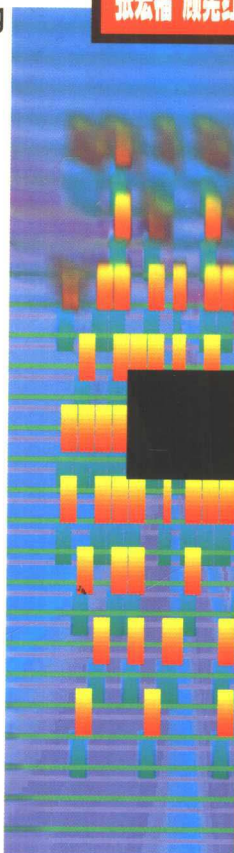


中国农业科技出版社

仔猪营养与饲料配制技术研究

张宏福 顾宪红 主编

Nutrition Physiology and Diet Formulation Technology of Piglet



仔猪营养与饲料配制技术研究

China Agricultural
Science Press

Zhang Hongfu Gu Xianhong

仔猪营养生理与饲料 配制技术研究

中国农业科技出版社

图书在版编目（CIP）数据

仔猪营养生理与饲料配制技术研究/张宏福，顾宪红主编. -北京：中国农业
科技出版社，2001.11
ISBN 7-80167-267-4

I. 仔… II. ① 张… ② 顾… III. ①仔猪-家畜营养学 ②仔猪-饲料-配制
IV. S828.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2001）第 081908 号

责任编辑	赵学贤
出版发行	中国农业科技出版社
	地址：北京海淀区中关村南大街 12 号 邮政编码：100081
	电话：（010）68975144（发行）； 传 真：62189014
经 销	新华书店北京发行所
印 刷	北京印刷学院实习工厂
开 本	787×1092 1/16 印张：28.25
印 数	1—1000 字数：690 千字
版 次	2001 年 11 月第 一 版 2001 年 11 月第 一 次印刷
定 价	80.00 元

仔猪营养生理与饲料 配制技术研究

乳猪料产业化技术研究与开发

(国家九五重点科技攻关项目专题 96-009-01-06)

猪饲料配制关键参数研究

(国家九五重点科技攻关项目子专题 96-009-01-01-02)

早期断奶应激对仔猪消化酶活性和肠粘膜形态影响

(国家自然科学基金资助项目 39770548)

《仔猪营养生理与饲料配制技术研究》

编 委 会

主 编: 张宏福 顾宪红

编 委: 卢庆萍 杨 琳 卢福庄 计 成 沈建忠 何武顺

龚利敏 龚月生 张 莉 方 路 余锐萍 李长忠

秦加华 杨富林 徐秀容 刘盛梅 马永喜 侯永清

席鹏彬 荆继忠 黄 毅

前 言

仔猪是猪一生中最重要的生长阶段之一，仔猪营养和饲料配制技术是养猪业和饲料工业中最受瞩目的热点，也是一度制约我国民族饲料加工业发展和竞争力的主要矛盾。为此国家“八五”、“九五”科技攻关计划、国家自然科学基金和有关省、部计划中都安排了相应仔猪营养和饲料配制技术方面的研究项目。中国农业科学院畜牧研究所“八五”期间是国家科技攻关仔猪项目的副主持单位，“九五”期间是主持单位（乳猪料产业化技术研究与开发 96-009-01-06），在实施“九五”攻关项目的同时，又申请并获得了国家自然科学基金项目（早期断奶应激对仔猪消化酶活性和肠粘膜形态的影响 39770545）。

仔猪营养和饲料配制技术既是实践性、应用性很强的研究领域，也是涉及众多学科、基础性强、研究手段和方法颇为复杂的科学难点。为此，国内外动物营养、饲料科学、养猪和生物化学家们从诸多学科层面展开了研究，从早期的研究仔猪营养需要，向仔猪的生理生化、营养与免疫、营养与饲养体制、营养与饲料加工等学科深度和广度迅速发展。纵观我国动物营养学科发展历程，系统研究和总结仔猪营养科学始于 20 世纪 80 年代中期，其中值得一提的是由已故动物营养学家许振英先生挂帅的全国仔猪营养协作组，先后在上海、成都、杭州、太原等组织了多次研讨会，及时地总结了国际国内仔猪营养的研究成果，提出了在当时生产背景下的仔猪饲养标准建议方案。但是，科学技术日新月异，近 10 年来不仅动物营养科学研究本身迅速向深度和广度拓展，而且我国养猪生产和饲料营养方案也正在经历着质的变化。本项目组在总结前人工作的基础上，认为要在仔猪饲料的配制技术取得根本性突破，必须从研究仔猪的营养生理着手，研究不同饲养模式和体制下仔猪的生理、生化变化规律，特别是仔猪产生断奶应激的一系列生理、生化机制上着手才能最终找到营养调控和饲料调制的科学依据和手段。为此，项目组结合项目合同计划和研究任务，不失时机地在以下 6 个方面开展了基础性研究工作，包括：（1）断奶应激对仔猪消化酶发育的影响；（2）断奶应激对仔猪免疫机能发育的影响；（3）断奶应激对仔猪内分泌的影响；（4）断奶仔猪消化道酸度发育及其调控技术；（5）断奶仔猪日粮电解质平衡及其调控；（6）断奶应激对仔猪生理生化指标及其肠道组织形态和功能的影响。这些研究填补了国内该领域研究的空白，为仔猪日粮的配制提供了重要的理论性依据。同时研究组还在以下 4 个方面开展了系统的应用和应

用基础性研究：（1）断奶仔猪赖氨酸、蛋氨酸和苏氨酸需要量；（2）几种保护添加剂对断奶仔猪的作用效果和机理；（3）仔猪阶段饲养及其饲料配制；（4）仔猪日粮加工工艺。这些研究为本项目成果的形成和实际应用奠定了技术基础，使项目组最终能够结合国内养猪业和饲料加工业需要，研制成功 3 套乳猪饲料配方，提出了乳仔猪日粮按补乳料、断奶抗痢料、仔猪培料三阶段配制的适用技术方案，并在生产上得到了大规模推广应用，取得了“九五”期间累计推广应用 30 万吨、产生经济效益 1.5 亿元的好成绩。

科学研究是无止境的，仔猪营养和饲料配制技术的研究同样没有终极，为及时地与同行交流，我们编辑了本论文集，也作为对本项目组前期研究工作的一个小结。

由于时间和水平有限，论文集中定有很多不妥甚至错误之处，恳请同行们批评指正。

编者

2000 年 8 月于北京

目 录

第一篇 断奶应激对仔猪消化酶发育的影响

仔猪消化功能的发育及营养对策	张宏福 李长忠 马永喜 (3)
断奶日龄对仔猪肠道中乳糖酶活性的影响	
.....张宏福 李长忠 顾宪红 方 路 马永喜 龚利敏 冯广明 (15)	
断奶日龄对仔猪胰腺和肠道中淀粉酶活性的影响	
.....李长忠 张宏福 顾宪红 方 路 马永喜 龚利敏 冯广明 (21)	
断奶日龄对仔猪胰腺和肠道中脂肪酶活性的影响	
.....李长忠 张宏福 顾宪红 方 路 马永喜 龚利敏 冯广明 (28)	
断奶日龄对仔猪胰腺和肠道中胰蛋白酶活性的影响	
.....李长忠 张宏福 顾宪红 方 路 马永喜 龚利敏 冯广明 (36)	
不同断奶日龄仔猪消化道酸度和胃蛋白酶活性的动态变化	
.....张宏福 李长忠 顾宪红 方 路 马永喜 龚利敏 冯广明 (45)	
断奶日龄对仔猪胰腺和肠道中糜蛋白酶活性的影响	
.....张宏福 李长忠 顾宪红 方 路 马永喜 龚利敏 冯广明 (53)	

第二篇 断奶应激对仔猪免疫机能发育的影响

仔猪免疫功能的发育及其影响因素	秦加华 张宏福 (63)
断奶日龄对仔猪血液主动免疫功能的影响	
.....张宏福 卢庆萍 秦加华 张 莉 方 路 (72)	
断奶对仔猪肠上皮间淋巴细胞、杯状细胞数量的影响	
.....顾宪红 余锐萍 张宏福 李长忠 方 路 (77)	

第三篇 断奶应激对仔猪内分泌的影响

断奶应激对仔猪内分泌功能的影响	
.....张宏福 卢庆萍 秦加华 张 莉 方 路 (87)	

第四篇 断奶仔猪消化道酸度发育及其调控技术研究

断奶仔猪消化道酸度及其调控研究进展	
.....杨富林 张宏福 杨 琳 顾宪红 (95)	

断奶仔猪日粮系酸力模型的研制..... 张宏福 张 莉 杨富林 杨 琳 (103)

断奶仔猪日粮系酸力调控模型的生物学验证试验.....

..... 张宏福 杨富林 杨 琳 卢庆萍 张 莉 方 路 (109)

不同系酸力水平日粮对仔猪消化生理指标的影响.....

.....张宏福 杨富林 杨 琳 卢庆萍 张 莉 方 路 (116)

不同系酸力水平的日粮对断奶仔猪血液生化指标的影响.....

.....杨 琳 杨富林 张宏福 卢庆萍 张 莉 方 路 (123)

第五篇 断奶仔猪日粮电解质平衡及其调控研究

仔猪日粮电解质平衡的研究进展.....

..... 刘盛梅 张宏福 卢庆萍 杨 琳 顾宪红 (131)

常用饲料原料及典型仔猪日粮电解质平衡的调研.....

.....张宏福 杨 琳 刘盛梅 卢庆萍 (145)

日粮不同电解质平衡水平对仔猪消化生理指标的影响.....

..... 杨 琳 刘盛梅 顾宪红 卢庆萍 张宏福 (154)

日粮不同电解质平衡水平对仔猪血液生化指标的影响

..... 张宏福 顾宪红 杨 琳 卢庆萍 (161)

日粮不同电解质平衡水平对仔猪生产性能的影响.....

.....卢庆萍 杨 琳 张宏福 顾宪红 张 莉 (174)

**第六篇 断奶应激仔猪生理生化指标及其肠道
组织形态和功能的影响**

仔猪断奶后生理机能紊乱和代谢调控.....侯永清 周毓平 (187)

断奶仔猪小肠结构和功能的变化及其影响因素..... 顾宪红 (192)

不同断奶日龄仔猪血清代谢物水平的变化.....

..... 顾宪红 张宏福 余锐萍 李长忠 方 路 (202)

断奶日龄对仔猪肠粘膜形态的影响.....

..... 顾宪红 张宏福 余锐萍 李长忠 方 路 (208)

断奶日龄对消化器官形态及小肠组织化学的影响.....

..... 顾宪红 张宏福 余锐萍 李长忠 方 路 (219)

不同断奶日龄对仔猪血清中五种酶活性的影响.....

..... 张宏福 秦加华 卢庆萍 张 莉 方 路 (228)

断奶日龄对仔猪血清中几种生化成分的影响.....

..... 张宏福 秦加华 卢庆萍 张 莉 方 路 (234)

断奶日龄对仔猪血液生理指标的影响.....

.....杨 琳 张宏福 秦加华 卢庆萍 张 莉 方 路 (240)

第七篇 断奶仔猪营养需要量研究

早期断奶仔猪日粮适宜的蛋白质及赖氨酸水平·····	侯永清 (249)
早期断奶仔猪日粮中适宜的蛋氨酸、苏氨酸水平的研究·····	计 成 侯永清 (256)
早期断奶仔猪日粮中适宜的蛋氨酸、苏氨酸水平及其对机体免疫机能 和蛋白质合成的影响·····	侯永清 (260)

第八篇 几种添加剂对断奶仔猪的应用效果和作用机理

仔猪锌的营养研究进展·····	陆应诚 张宏福 (269)
异麦芽低聚糖对早期断奶仔猪肠道主要菌群的影响·····	张宏福 卢庆萍 张 莉 徐秀容 龚月生 方 路 (278)
异麦芽低聚糖对断奶仔猪肠道 VFA 浓度、pH 值及粘膜形态结构的影响·····	张宏福 徐秀容 卢庆萍 张 莉 方 路 (285)
异麦芽低聚糖对早期断奶仔猪生产性能的影响·····	徐秀容 张宏福 龚月生 卢庆萍 张 莉 方 路 (292)
异麦芽低聚糖对断奶仔猪血液生化指标的影响·····	张宏福 卢庆萍 徐秀容 张 莉 方 路 (297)
保护性添加剂对早期断奶仔猪消化率的影响·····	卢福庄 楼洪兴 金水仙 许 松 吴建良 张宏福 顾宪红 (302)
保护性添加剂对仔猪消化道发育和小肠粘膜形态的影响·····	卢福庄 金水仙 楼洪兴 许 松 吴建良 张宏福 顾宪红 (306)
牛磺酸的生理功能及其在畜牧生产中的应用·····	卢福庄 张宏福 (313)
在仔猪料中饲用抗生素替代物的饲养试验·····	卢福庄 楼洪兴 (320)
早期断奶仔猪日粮中添加不同种类酸化剂的效果·····	侯永清 梁敦素 丁斌膺 周毓平 (324)
诺肽霉素预混剂对仔猪和生长猪的饲养试验·····	沈建忠 肖希龙 刘金凤 佟建明 (329)
诺必达油剂对仔猪大肠杆菌性腹泻的药效观察·····	沈建忠 肖希龙 杨汉春 刘金凤 (334)
诺必达粉剂对仔猪大肠杆菌感染的预防与治疗·····	沈建忠 肖希龙 (338)
抗菌药物添加剂对猪饲养效果试验·····	沈建忠 肖希龙 佟建明 薛丽梅 崔凤山 (343)
盐霉素对猪饲养效果观察·····	沈建忠 肖希龙 孟金龙 (347)

第九篇 仔猪阶段饲养及其饲料配制

仔猪断奶日龄及阶段饲喂体系·····	李长忠	张宏福	龚利敏 (355)
环境条件对断奶仔猪健康及生产性能的影响·····	顾宪红	张宏福 (361)	
DPS 猪肠膜蛋白粉对早期断奶仔猪的饲喂效果·····	计 成	马秋刚 (368)	
断奶日龄对仔猪生产性能的影响·····			
·····杨 琳 张宏福 秦加华 卢庆萍 张 莉 方 路 (377)			
断奶及断奶日龄对仔猪生产性能及主要消化器官重量的影响·····			
·····顾宪红 李长忠 张宏福 方 路 (384)			

第十篇 仔猪日粮加工技术及其工艺设计研究

乳猪料原料产业化技术研究·····	何武顺 (397)		
年班产万吨乳猪料产业化加工工艺技术研究·····	何武顺	张宏福 (410)	
膨化加工对全脂大豆营养价值的影响及在仔猪饲料中应用效果的研究进展·····			
·····席鹏彬 张宏福 侯先志 (415)			
不同温度湿法挤压膨化加工对全脂大豆化学成分及抗营养因子的影响·····			
·····席鹏彬 张宏福 方 路 侯先志 (423)			
不同温度湿法挤压膨化全脂大豆饲喂仔猪效果的研究·····			
·····席鹏彬 张宏福 黄 毅 方 路 (430)			
乳猪料氧化酸败原因分析及其防止措施研究·····	卢庆萍	方 路 张宏福 (436)	

第一篇 断奶应激对仔猪 消化酶发育的影响

仔猪消化功能的发育及营养对策

张宏福 李长忠 马永喜

(中国农业科学院畜牧研究所, 北京 100094)

仔猪消化生理功能的发育从胚胎期就已经开始了。从胚胎到初生再到断奶的整个过程中, 仔猪经历了营养、心理和环境三大方面的应激。其中胚胎期胎儿的生存环境稳定, 初生时从恒温环境到变温环境, 从无菌水生的胎盘到有菌陆生的猪舍, 对养分的吸收也从靠脐带被动吸收到靠消化道主动吸收等一系列变化。断奶时又要经历离开母亲, 从保育室到仔猪室的转移, 从吸吮母乳向采食配合日粮, 从以接受母乳脂肪、乳糖和乳蛋白的营养为主向采食具有不同程度抗原特性的植物性蛋白质、分子结构迥异的植物性多糖、脂肪等一系列的变化, 从而引起断奶应激。仔猪从出生到断奶后一个阶段的培育状况会影响其整个生长育肥阶段的成绩。因此, 如何减少断奶应激对仔猪生长发育的影响一直是国内外动物营养和养猪专家所关注的问题。多年来, 人们从营养学、免疫学和消化生理学等多方面进行探讨, 以便在深入了解仔猪消化器官结构和机能发育的基础上, 寻求解决这一问题的途径。其中在仔猪消化生理方面的研究内容主要涉及: (1) 消化器官的发育; (2) 消化道酸度和各种消化酶的发育; (3) 消化道组织形态的变化; (4) 消化生理活动的神经和内分泌调控; (5) 消化道微生物区系的建立; (6) 消化道吸收能力的研究等。

本文根据国内外仔猪消化生理学方面的研究进展, 结合本实验室研究的一些结果, 阐述仔猪消化生理结构及功能的发育规律, 分析饲养和环境因素对仔猪消化功能发育的影响, 从而探讨不同饲养和饲喂条件下仔猪的营养对策。

1 仔猪消化生理功能的发育规律及其研究进展

1.1 仔猪消化器官组织形态的发育规律及其断奶的影响

仔猪的消化系统结构和功能经历了发生、发展和成熟的过程。从胚胎初期开始各种消化器官的发育模式随器官种类而异, 但主要包括 (1) 细胞数量的增加 (hyperplasia); (2) 细胞数量和体积的增加; (3) 细胞体积的增大 (hypertrophy) 三个阶段。从妊娠一个月到出生, 胃、肠和胰腺相对于胚胎重的生长率呈正的异速生长, 消化器官的这种生长模式一直保持到出生后一周。然而 1~6 周龄哺乳仔猪上述器官呈等速或负的异速生长, 断奶后这些器官的生长速度又明显快于哺乳期仔猪 (Cranwell, 1995)。

在仔猪消化器官的重量、长度和容积发生变化的过程中, 其结构和形态也发生明显的变化。对肠道组织所做的形态学研究结果表明, 随着猪年龄的增长, 绒毛高度减小, 隐窝深度增加。Dunsford et al. (1989) 对不补料的 9~36 日龄仔猪肠道形态研究发现, 随着仔猪年龄的增长, 绒毛高度呈二次函数的形式减小 ($P<0.01$), 而隐窝深度则呈二次函数的形式增加 ($P<0.01$)。

尽管不知道这种现象能持续多久, 但是仔猪断奶后绒毛变短 (Villus atrophy) 和隐窝

加深 (Crypt hyperplasia) 比晚乳时更明显 (Hampson, 1986a, 1986b; Miller et al., 1986; Cera et al., 1988; Kelly et al., 1990b, 1991b, 1991c; Li et al., 1990, 1991a, 1991b; Makkink et al., 1994; McCracken et al., 1995; Pluske et al., 1996b, 1996c), 并且这种变化在早于 14 日龄断奶猪比 28 日龄后断奶猪更明显。绒毛高度的降低要持续 5 天左右 (Hampson, 1986a) (图 1)。结果绒毛高度与隐窝深度之比降低, 而且绒毛高度与隐窝深度之比在断奶后降低的幅度大于哺乳仔猪。

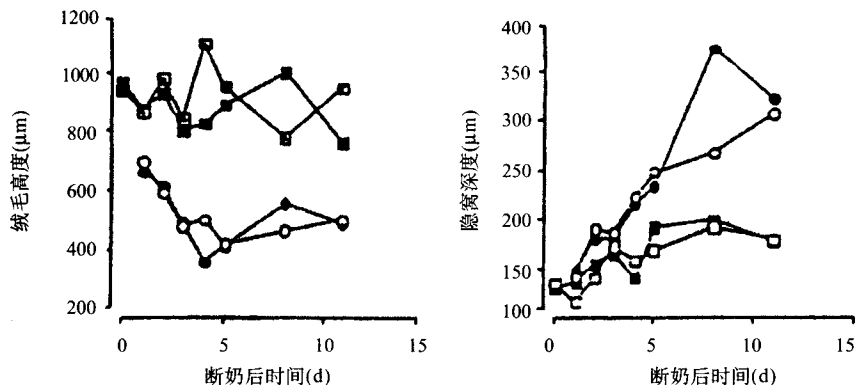


图 1 21-32 日龄断奶和哺乳仔猪小肠 1/4 处绒毛高度和隐窝深度的变化

○——○表示断奶前诱食的 21 日龄断奶的仔猪; ●——●表示没有诱食的 21 日龄断奶的仔猪;
□——□表示断奶前诱食的哺乳仔猪; ■——■表示没有诱食的哺乳仔猪;

(Pluske et al., 1997)

肠道形态的变化主要是由以下 5 个因素造成的 (Pluske et al., 1997)。(1) 小肠中肠道病原菌及它们间的互作;(2) 断奶时对应激源的不适应;(3) 断奶时无法吃到母乳;(4) 断奶后的日粮;(5) 细胞素(激动素)作为肠道生长的调节因子的影响等。就目前所获得的研究结果看, 影响肠道形态变化的因素是复杂的, 尽管一些研究结果报道很不一致, 但是断奶后肠道形态变化的不利影响包括以下几个方面:(1) 绒毛刷状缘酶如乳糖酶、蔗糖酶、异麦芽糖酶和 α -葡萄糖苷酶活性降低 (Miller et al., 1986; Pluske et al., 1995), 且活性降低后需 5 天左右开始恢复, 这与断奶后绒毛变短后开始恢复所需的时间一致。(2) 吸收能力降低。经测定, 断奶后对 D-木糖 (Miller et al., 1984a,b; Hampson 和 Smith, 1986)、丙氨酸 (Smith, 1984; Miller et al.1986) 和葡萄糖、电解质溶液 (Nabuurs et al., 1994) 的吸收能力降低。

1. 2 仔猪消化酶的发育规律

从图 2 可看出仔猪肠道内主要消化酶的变化规律。然而随着酶活测定方法的不断改进, 发现仔猪消化器官不同部位消化酶活性的发育规律各异。胰腺中各种消化酶的变化模式与肠道中并不同步。并且某一特定酶可能存在几种异构酶, 它们具有特定的底物, 在不同时期执行特定的功能。例如, 胃蛋白酶可以分为胃蛋白酶 A (EC 3.4.23.1)、胃蛋白酶 B (EC

3.4.23.2)、胃亚蛋白酶 (EC 3.4.23.3) 和胃凝乳酶 (EC 3.4.23.4) (国际生化和分子生物学会, IUBMB, 1992), 它们的最佳 pH 值分别为 2.0、3.0、2.0-3.5 和 3.0~4.0。而通常所测的胃蛋白酶即 EC 3.4.23.1 的最佳 pH 为 1.5~2.0。因此, 图 2 是难以全面反映仔猪消化酶的发育规律, 更不能表达不同部位各种消化酶的变化动态和断奶等因素对它们的影响。

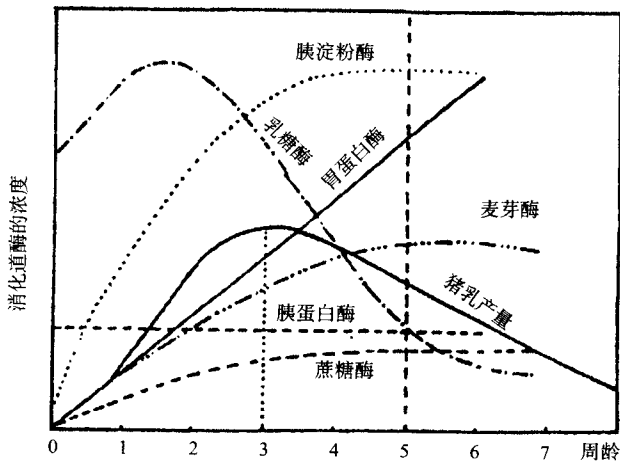


图 2 仔猪出生后消化酶的变化动态

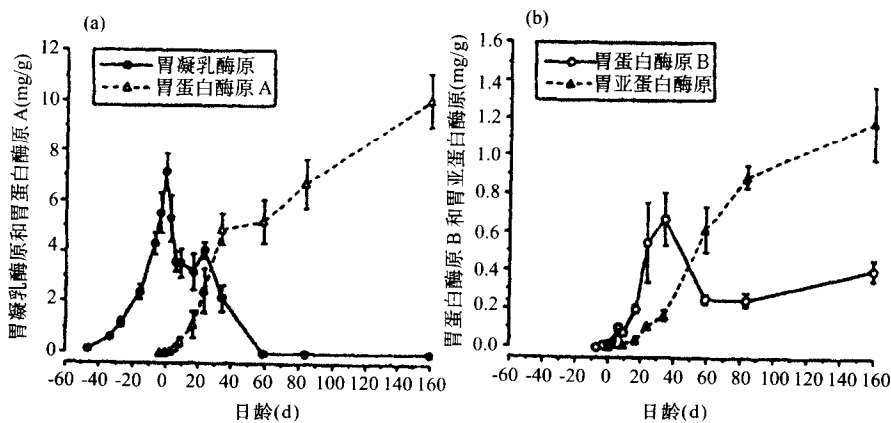


图 3 分娩前 46 天至 160 日龄胃底腺区整个胃壁胃蛋白酶原的浓度(平均值 ± SEM) (Cranwell,1995)

胃中胃蛋白酶和胃脂肪酶分泌能力的发育过程与乳成分的变化密切关。胃蛋白酶的合成在胚胎中后期就已开始。从图 3 可知仔猪出生后 3~4 周内胃底腺区粘膜胃凝乳酶原和胃蛋白酶 B 原为胃中蛋白水解酶中的优势酶, 它有利于对乳的消化。之后被胃蛋白酶 A 原和胃亚蛋白酶原所取代。胃中的酸度决定了胃中蛋白酶的活性。酸的分泌早在胚胎期满前 15 天就已开始。生后 1 周内酸分泌能力增加很快, 1~3 周龄间保持不变。从初生到 5~6 周龄期间胃中最大酸分泌量 (mmolH⁺/n) 与体重呈线性正相关 (Cranwell, 1985c; Xu et al.,

1990)。仔猪在 21 日龄时胃中才出现游离酸。胃脂肪酶对乳中脂肪的消化作用需要进一步认识。虽然胃中胃脂肪酶的总活性只有胰脂肪酶的 3% (Newport & Howarth, 1989), 但是吮乳仔猪中 25%~50% 的脂肪是在胃中被消化的 (Newport 和 Howarth, 1985; Chianget al., 1989)。胃脂肪酶对乳脂中主要成分之一的甘油三丁酸酯的水解作用最强。

胰酶最先在内质网的核糖体内合成, 然后在移向高尔基体时被膜包围成酶或酶元颗粒。每个酶元颗粒中都含有一整套胰酶, 这就决定了在一定条件下所分泌的胰酶在种类和数量上的特异性。其中吮乳仔猪从出生至 3~5 周龄胰蛋白酶活性保持稳定 (Coring et al., 1978; Lindemann et al., 1986; Owsley et al., 1986; Efird et al., 1982b; Inborr et al., 1989; Gorrill 和 Friend, 1970), 在此之后有明显增加 (图 4)。胰凝乳酶是哺乳期仔猪胰腺蛋白水解酶中的优势酶, 在 0~4 周龄期间呈线性上升, 并且小肠食糜中凝乳酶活性也随年龄升高。吮乳仔猪胰脂肪酶活性随年龄增加 (Hartmann et al., 1961; Corring et al., 1978; Cera et al., 1990; Lindemann et al., 1986), 35 日龄断奶前肠脂肪酶活性亦增加 (Cera et al., 1990)。

就糖酶来看, 断奶前乳糖酶是肠道中的优势酶。乳糖酶活性在初生时就很高, 2~5 周龄时比活持续下降。但 1~8 周龄间的吮乳仔猪肠道中的乳糖酶总活性仍保持稳定。胰腺和小肠中淀粉酶的活性在 0~4 周龄间增加。小肠中麦芽糖酶和蔗糖酶活性在初生时很低或几乎没有, 而在 1~3 周龄时增加, 3~4 周龄后吮乳仔猪小肠中麦芽糖酶和蔗糖酶活性保持较高水平 (或持续增加到 8 周龄)。这种变化趋势表明, 仔猪糖酶的种类和数量从以消化高乳糖的母乳为主逐步向以消化淀粉类日粮为主的方向转化。

断奶会对胃酸分泌和各种酶活发育过程产生阻碍作用, 阻碍程度与断奶日龄密切相关。断奶后胃 pH 值明显升高, 随后降低。断奶后 pH 降低到 3.5 所需时间以 28 和 35 日龄断奶猪短于 17 和 21 日龄断奶猪 (李长忠等, 1998)。并且各不同日龄断奶猪断奶后 12 小时内食糜中胃蛋白酶出现明显蓄积, 随后降低, 直至 50 日龄前无明显回升。但对胃粘膜中胃蛋白酶活性的研究发现断奶后降低幅度较小 (Efird et al., 1982b; Lindemann et al., 1986) 或不降低 (Pelletier et al., 1983), 之后活性升高很快, 胃脂肪酶活性在 28 日龄断奶时增加 (Jesen et al., 1997)。

大量研究表明, 断奶时大部分胰酶活性降低, 至少 2~4 周后才恢复到或超过断奶前水平。然而断奶后胰酶活性降低的幅度及开始恢复所需的时间与断奶日龄有关。张宏福等 (1998) 研究了不同断奶日龄仔猪断奶前后胰腺、胃和小肠中各种消化酶的发育规律后发现, 在 28 日龄断奶时, 胰脂肪酶、小肠胰蛋白酶、空肠糜蛋白酶在断奶后活性不降低或降低后更容易恢复到或超过原有水平。但是如果在 17 和 21 日龄断奶, 似乎更有利于促使胰淀粉酶向空肠的释放。李长忠等 (1998) 根据胰腺、空肠中糜蛋白酶 (C) 和胰蛋白酶 (T) 的比率及淀粉酶 (A) 和糜蛋白酶 (C) 的比率来研究不同断奶日龄仔猪在断奶后消化酶系对日粮的适应能力。研究结果表明, 胰腺组织 C/T 在断奶后低于哺乳期, 各断奶组在断奶后均趋于一个较低水平, 且断奶后一周 C/T 降低的幅度随断奶日龄的增加而增加。另外从胰腺 A/C 看, 在 28、35 日龄断奶, 仔猪断奶后该值升高的速度快于 17 和 21 日龄断奶的仔猪, 体现了断奶后仔猪对淀粉类日粮的适应速度。但是也发现空肠 A/C 和 C/T 的变化模式与胰腺并不同步, 某些酶在胰腺中的含量很高而肠道中却很低, 因此有必要对胰酶的释放机制进行进一步研究。从调节肽和分子水平了解酶或酶元颗粒中所含一套酶的种类和数