

案例版

生物工程系列规划教材

生物工程综合大实验

王贵学 主编



科学出版社

013027793

Q81-33
19

“案例版”生物工程系列规划教材

生物工程综合大实验

主 编 王贵学
副主编 李 革 刘肖珩 刘贻尧



科学出版社
北 京

Q81-33
19



北航

C1637079

03051783

内 容 简 介

本书以循序渐进地培养学生动手能力和创新素质为目的,从基础、案例、外延三个层次介绍了综合性大实验设计的相关知识。其中,基础部分侧重介绍立题创意、方案构思、资料查询这三个关键初始难点的解决途径。案例部分选择了生物化学、微生物学、细胞生物学、分子生物学、免疫生物学、生物工艺学、生物分析、酶工程、发酵工程、制药工程、基因工程等生物工程领域骨干实验课程的综合性大实验实例。而外延部分通过课外科技活动,包括大学生创新性实验计划、创新基金等实例,来说明从课程实践到正式的科研实践的飞跃过程,为有扩展研究兴趣的学生详细介绍了具体可行的操作方案。

本书主要面向生物工程类专业本科生及实验课教师,也可为指导课外科技活动的教辅人员及不单独开设综合性大实验的相关课程教学提供参考。

图书在版编目(CIP)数据

生物工程综合大实验/王贵学主编. —北京:科学出版社,2013

“案例版”生物工程系列规划教材

ISBN 978-7-03-037006-8

I. ①生… II. ①王… III. ①生物工程-实验-高等学校-教材 IV. ①Q81-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第045378号

责任编辑:席 慧 高璐佳/责任校对:刘小梅

责任印制:阎 磊/封面设计:迷底书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

保定市中华美凯印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013年3月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2013年3月第一次印刷 印张:15 1/2

字数:394 000

定价:32.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《生物工程综合大实验》编委会名单

主 编 王贵学

副主编 李 苹 刘肖珩 刘贻尧

编 委 王建华 叶志义 吕凤林 周 丽

胡廷章 杨一平 范益军 殷幼平

秦 建 黄俊丽 梁桂兆 彭国雄

董 亮

主 审 潘光堂

其一是思维能力的培养。思维能力的培养是工程技术人员必须具备的基本素质。现代生物工程技术是一门多学科交叉渗透的综合性学科，其发展日新月异，这就要求工程技术人员必须具备较强的思维能力，能够灵活运用所学知识解决实际问题。二是实践能力的培养。现代生物工程技术是一门实践性很强的学科，这就要求工程技术人员必须具备较强的实践能力，能够熟练运用各种仪器设备进行实验操作。三是团队协作能力的培养。现代生物工程技术是一门需要团队协作的学科，这就要求工程技术人员必须具备较强的团队协作能力，能够与团队成员密切配合，共同完成工作任务。

前 言

现代生物工程技术以分子生物学、细胞生物学、微生物学、免疫生物学、生物化学、生理

学、遗传学等为支撑，以生命科学领域的重大理论和技术突破为基础，形成了一门多学科交叉渗透的综合性学科。以基因工程、细胞工程、酶工程、发酵工程、蛋白质工程等为代表的现代生物工程技术被世界各国视为一项高新技术，它广泛应用于医药卫生、农林牧渔、轻工、食品、环境、化工和能源等领域，促进了传统产业的技术改造和新兴产业的形成，对人类社会生活 and 经济发展将产生深远的、革命性的影响。

随着现代生物工程技术、信息技术、微纳技术的出现，生态观的渗透，人类基因组计划的完成与后基因组时代的开始，以及其他涉及生命研究的一些大型科研计划的陆续提出与实施，当代生命科学与技术领域的知识内容不仅更加丰富，而且也呈现出有大量基础科学、工程科学甚至社会科学参与、渗透并与之融合的“复杂交叉”局面。

为了适应这种趋势，就必须改进现有生物工程实验教学体系中以简单验证为主的培养模式，用更多的综合性、设计性实验，来实现教学与学科、教学与科研的交叉，并在这些交叉过程中将科学研究素质潜移默化地折射到学生知识体系的改善与创新能力的提高上，从而更好地达到培养具备科学思维、动手能力强、高素质的优秀生物工程人才的目的。

经过近年来教学改革推进，综合性、设计性实验在教学中比例有所提高，但在教学实践中我们发现，学生的设计与创新往往流于灵机一动的层次，如何把这些创新性想法变为可实施的研究内容，则令他们相当茫然，设计内容往往不是过分依赖范例，就是过于缺乏可操作性。与长期从事研究工作的人相比，在设计的基础资料准备、可行的实验方案确定、研究实验的组织、结果数据分析等一系列研究素质方面，都显得相当欠缺。

而当前教材大致有两类，一类是单门生物工程学科增设部分综合性大实验，这样显然比过去只有单纯的验证性实验的教学模式有所提高，但仅靠各门课程分别开设综合性大实验，也有一些不足：缺乏不同课程间的技能综合考量，各门课程时间跨度较大，容易导致素质训练的碎片化。另一类是近两年来出现的综合性大实验单列教材，这是一个可喜的现象，标志着综合性大实验进入一个整合培养的阶段。但其中也有一些薄弱之处，如案例内容较少，不利于学生解决创新起步阶段的模仿需求。

本书专注于案例示范，从综合性大实验设计的基础知识、综合性大实验实例、综合性大实验的外延三个层次设计实验教学内容。试图完整地体现从课程知识积淀、创新练习到科研训练等正式创新实践的循序渐进，以期达到学生综合创新素质的渗透式培养。其中包括以下三部分内容。

第一部分抓住综合性大实验设计的三个关键难点：立题，方案初步构思，相关资料查询。通过不同实例详细讲解了一个正确的设计方案是如何诞生的，从而破除创新实践中最令人畏惧的开头难问题。

第二部分精心选取了生物化学、微生物学、细胞生物学、分子生物学、免疫生物学、生物工艺学、生物分析、酶工程、发酵工程、制药工程、基因工程等生物工程领域的骨干实验

课程的综合性大实验实例,来多方位综合展示生物工程这门学科的发展脉络和研究思路。其中,实验教材主要提供基本的知识与方法,减少了对实验过程的干预,重点放在启发实践者根据兴趣和课程特点设计具有自主特色的方案。部分实例后面还附加了教学实践中的学生构思,可作为设计参考。

第三部分通过课外科技活动,包括创新基金等实例,来说明从课程实践到正式的科研实践的飞跃过程。为有扩展研究兴趣的学生详细介绍了具体可行的操作方案,具有较强的实用价值。

本书内容设计课内学时为 40~60 学时,课外资料收集、方案撰写与小组讨论为 60~80 学时。可根据具体的专业需要选取 10~15 个实例,在 3~4 周的时间内集中完成,也可作为不单独开设综合性大实验的相关各门课程教学提供参考思路。

本书是在全体参编者的共同努力下完成的。由于编写人员水平有限,难免有疏漏,还希望读者和同行专家不吝指正。这一版的内容只是生物工程综合性大实验的一个初步尝试,今后还将结合各院校开设课程的具体情况,不断修正完善,并逐步补充、扩展图形和多媒体内容。

编者

2013 年 1 月

目 录

前言

第一部分 综合性大实验设计的基础知识

第一章 设计基础

- 第一节 综合性、设计性实验概述..... 3
- 第二节 设计构思必要的基础知识..... 6
- 第三节 实验流程的设计要素..... 8
- 第四节 设计方案的药品器材设计..... 11

第二章 实验参考资料的检索

- 第一节 常用实验设计参考资料相关检索系统介绍..... 16
- 第二节 实验参考资料的检索技巧..... 17

第二部分 综合性大实验实例

第三章 专业基础实验

- 第一节 生物化学部分..... 25
- 第二节 微生物学部分..... 51
- 第三节 细胞生物学部分..... 74
- 第四节 分子生物学部分..... 87
- 第五节 免疫生物学部分..... 97

第四章 专业实验

- 第一节 生物工艺学部分..... 108
- 第二节 生物分析部分..... 128
- 第三节 酶工程部分..... 150
- 第四节 发酵工程部分..... 164
- 第五节 制药工程部分..... 174
- 第六节 基因工程部分..... 186

第三部分 大学生课外科技创新训练项目

第五章 课外科技活动的组织

- 第一节 课外科技活动的组织的基本方法与形式..... 207
- 第二节 课外科技活动选题与课程综合性大实验的结合方式探讨..... 209

第六章 国家大学生创新性实验计划项目	210
第一节 大学生创新性实验计划项目介绍	210
第二节 创新基金申请基本流程	212
第三节 创新基金标书的书写技巧	212
第四节 创新基金申报成功与结题范例	212
第七章 大学生挑战杯项目	215
第一节 “挑战杯”概述	215
第二节 历届“挑战杯”全国大学生课外学术科技作品竞赛回顾	216
第三节 历届“挑战杯”竞赛获奖精品项目概述	218
第四节 挑战杯级别项目的实验设计特点	222
主要参考文献	229
附录一	231
附录二	237

第一部分

综合性大实验设计的基础知识

- ◎第一章 设计基础
- ◎第二章 实验参考资料的检索

第一章 设计基础

第一节 综合性、设计性实验概述

一、什么是综合性、设计性实验

实验是教学的重要组成部分,学生通过实验能加深对理论知识的理解,并能掌握一定的操作技能,养成严谨、认真和实事求是的科学态度。实验能开拓学生的思维,提升其观察、分析和解决问题的能力,培养学生的实践能力、创新能力和科学素质。科学技术的发展对人的创新能力的要求越来越高,为了培养高素质的具有创新能力的科学研究与应用人才,学生必须学会从实践中发现问题,并将已有的知识运用到实践中,从而解决问题。

实验可分为三类,分别是验证性实验、综合性实验、设计性实验。教育部在《普通高等学校本科教学工作水平评估方案(试行)》中对这三类实验做了明确注释。

(一) 验证性实验

验证性实验是指在已有的实验步骤设计框架下进行实验操作过程,重新验证结果是否达到原理所描述的实验,旨在使学生加强对基础理论的掌握或学习某种仪器的使用方法,是一种再现式的以书本知识为主、以传授理论知识和实验技能为主要特征的教学模式。

(二) 综合性实验

综合性实验是指实验内容涉及本课程的综合知识或与本课程相关课程知识的实验。学生在具有一定知识和技能的基础上,运用某一门课程或多门课程的知识对实验技能和方法进行复合型实验。综合性实验一般可以在一门课程的一个循环之后开设,也可以在几门课程之后安排一次有一定规模、时间较长的实验。综合性实验具有的特征如下:

- (1) 实验内容的复合性,如涉及多个知识点,多学科知识点综合及交叉;
- (2) 实验方法和手段的多样性和综合性;
- (3) 能力培养的综合性和综合性。

(三) 设计性实验

设计性实验是指给定实验目的要求和实验条件,由学生自行设计实验方案并加以实现的实验。它不但要求学生综合多门学科的知识来设计实验方案,而且要求学生能充分运用已经学到的知识,去发现、解决问题。要求学生综合多学科知识和各种实验原理来设计实验方案,还要求学生能运用已有知识去发现问题、分析问题和解决问题。设计性实验是循序渐

进、由浅入深的综合能力的训练过程。最初阶段实验题目和方案由教师制订，而实验步骤由学生自己拟定，自己选定实验仪器设备、绘制实验结果的图表等；进一步的设计性实验则在教师出题后，全部由学生自己组织实验；更为高级阶段是学生自己选题，自己设计，在教师的指导下进行，最大限度发挥学生学习的主动性。设计性实验具有学生学习的主动性、实验内容的探索性、实验方法的多样性等特征。

二、综合性、设计性实验的基本内涵

综合性实验是建立在验证性实验的基础上，运用相关知识或实验方法、实验手段对学生的理论学习、实验技能与思维方式进行全面训练的一种复合性实验。其特点在于实验内容的复合性、实验手段与方法的多样性，给学生更多的自主性，增强其实验动手能力，培养学生综合运用多学科的理论知识、全面分析问题和解决问题的能力。设计性实验是结合或独立于课程教学而进行的一种探索性实验，在实验教师的指导下，根据给定的实验目的和实验条件，由学生搜集资料、自行设计实验方案，选择实验器材，并对实验结果做出综合分析 with 处理。综合性实验要求学生每个环节和步骤都要周密思考、认真和细心地操作，这对于培养学生严谨求实的科学态度有重要意义。综合性实验一般需要多名同学组队共同完成整个实验，合理进行人员安排和时间安排以及协调好每个人的工作是确保实验顺利进行的重要条件。综合性实验培养学生团结协作精神。

三、为什么要开设综合性、设计性实验

创新型国家需要大量的高素质、创新型的科研或应用型人才。因此，高校在教学过程中应该着力培养学生的综合分析能力、实验动手能力、数据处理能力及查阅文献资料的能力；在实验、实践过程中培养独立解决实际问题的能力、探索创新能力及组织管理能力。而上述能力和素质的培养仅仅通过理论学习是远远不够的，还需要进行大量的综合性、设计性实验训练，因为这类实验能充分调动学生的学习主动性、积极性和创造性，让学生把所学得的基础知识应用于实验的选题与自主综合设计，通过自主和创造性设计实验研究项目，独立完成选题、实验设计、动手操作到结果分析和论文撰写的全过程。学生在实验过程中，通过仔细观察实验对象的各种变化，分析和掌握其发生的原因和机制，使学到的基础理论知识与实践更好地相结合，最终达到提高发现问题、提出问题、分析问题和解决问题能力的目的，并提高自身的自学能力、实践能力，培养创新思维，树立严谨的科学研究作风和科研创新精神。

四、综合性设计性实验的设计思路 and 原则

(一) 实验设计的思路

1. 实验设计的含义

实验设计是指在正式进行科学实验之前，实验者根据一定的目的和要求，运用有关的科学知识、原理，对实验过程中的材料、手段、方法、步骤等全部方案的制订。

2. 实验设计的内容

一个完整的综合性设计性实验方案，一般包括以下几方面的内容。

- 1) 明确实验的目的和原理 明确实验到底要解决什么问题，要用到什么原理。

2) 确定实验思路 就是根据原理对实验做出假设, 并对可能产生的现象做出预期, 设计实验思路。

3) 设计实验步骤 根据上述实验目的、原理和思路, 设计出合理的实验装置和实验操作步骤。实验设计遵循以下几个要求: 简便性、可行性、安全性和精确性。

4) 记录实验现象和数据 在实验中将观察到的现象如实、准确地记录下来。可以用文字、数据或符号进行记录。

5) 分析得出结论 根据实验观察到的现象和记录的数据, 通过分析、计算、作图、推理等处理, 归纳出一般概括性判断, 并用文字、图表、绘图等方法作一个简明的总结。

3. 实验设计的关键环节

1) 实验设计中的假说 在实验设计中, 确定实验目的的是一个实验假说的形成过程中的重要环节。实验假说需注意强调预见性、客观性和多样性。

2) 实验材料和实验手段的选择 选择恰当的材料和手段, 是所设计的实验能够达到预期结果的重要保证。

3) 反应变量的确定和控制 依据实验条件和环境因素充分控制无关变量, 使实验具有科学性, 结果不受干扰。

(二) 实验设计的原则

1. 科学性原则

科学性是实验设计的首要原则, 是指实验目的要明确, 实验原理要正确, 实验材料 and 操作程序和方法的选择要恰当, 整个设计思路和实验方法都要符合基本知识和基本原理以及其他学科领域的基本原则。

2. 可行性原则

可行性原则是指在设计实验时, 从实验原理、实验的实施到实验结果的产生, 都具有可行性。所选用的药品、仪器、设备和方法在现有的实验条件下能够得到满足。

3. 简便性原则

设计实验时, 要考虑到实验材料容易获得, 实验装置比较简单, 实验药品便宜, 实验操作过程简便, 实验步骤少, 实验时间短。

4. 安全性原则

安全性是指实验设计时应尽量避免使用有毒药品和具有一定危险性的实验操作。如果必须使用, 应在所设计的实验方案中详细写明注意事项, 如写清对操作方法、实验条件的具体要求以防造成环境污染和人身伤害。

5. 可重复性原则

重复、随机和对照是保证实验结果正确性的三大原则。因此, 在实验设计中也必须注意实验的可重复性。任何实验都必须要有足够的实验次数, 才能判断结果的可靠性。

五、综合性、设计性实验的基本步骤

(一) 立题

以实验小组为单位, 根据已学的基础知识提出自己感兴趣的实验研究项目, 并利用图书

馆及网络查阅相关的文献资料,了解国内外研究现状。

(二) 方案设计的内容

实验小组在立题基础上,按照规定的格式写出实验的设计方案。综合性、设计性实验方案的内容应详细并具可操作性,具体的内容和格式要求如下。

(1) 题目。

(2) 立题依据(研究的目的、意义,以及欲解决的问题和国内外研究现状)。

(3) 实验器材与药品(器材名称、型号、规格和数量;药品或试剂的名称、规格、剂型和使用量)。

(4) 实验方法与操作步骤(包括实验的技术路线、实验的进程安排、每个研究项目的具体操作过程,以及设立的观察指标和指标的检测手段)。

(5) 观察结果的记录。

(6) 预期结果。

(三) 实验准备

根据实验的设计方案,准备实验所需材料和样品。

(四) 预实验

按照实验设计方案和操作步骤认真进行预实验。在预实验过程中,要做好各项实验的原始记录。实验结束后,应及时整理实验结果,发现和分析预实验中存在的问题和需要改进、调整的内容。

(五) 正式实验

按照修改后的实验设计方案和操作步骤认真进行正式实验,做好各项实验的原始记录,实验结束后,及时整理实验数据。

(六) 实验结果讨论分析

各实验小组对实验数据进行归纳和处理,汇报实验的结果。

第二节 设计构思必要的基础知识

一、实验设计的概念

综合性、设计性实验要求学生具备构建实验框架的思路和文献检索能力,具备相关理论知识和实验技能,具备较强的探索研究未知实验方法与结果的能力,具备求实精神和严谨的学风。所谓实验设计,就是要求学生设计实验原理,选择实验器材,安排实验步骤,设计数据处理方法及分析实验现象。它包括设计实验方案、设计实验步骤等。要求学生理解实验原理、灵活运用实验知识和基本技能,并具备分析问题和解决问题的能力及创造能力。

二、实验设计的基本理论

实验是科学研究过程中的一个重要环节,是在人为控制条件下,研究对象的变化,以其结果论证科学结论的一种科学方法。科学研究的方法通常分为以下几步。

(一) 观察

观察是科学研究方法的第一步,这里的观察,是在处于自然常态条件下进行。对事物进行观察时必须周详,并将其记录下来。而尤为重要的是要保持客观的态度。

(二) 提出问题

人们对事物作缜密观察以后,进一步提出值得探讨的、有意义的问题。因此,进行研究时,不仅要提出问题,而且要提出确切的问题。此外,对问题的表述,也要清楚而正确。

(三) 假说

科学方法的第三步是假说。假说,也称假设或猜测,指用来说明某种现象但未经证实的论题,也就是对所提出的问题所做出的参考答案。假说一般分为两个步骤:第一步,提出假说,即依据发现的事实材料或已知的科学原理,通过创造性思维,提出初步假定;第二步,做出预期推断,即依据提出的假说,进行推理,得出假定性的结论。一个问题常有多个可能的答案,但通常只有一个是正确的。因此,假设是对还是错,还需要加以验证,即依据假设或预期,设计实验方案,进行实验验证。

(四) 实验

实验是验证假说和解决问题的最终途径,指在人为控制的条件下研究事物的变化的一种方法。这是科学方法的最大特色,也是科学方法中最困难的一步。如何求证假设可充分展现研究者的能力。在科学实验中,要掌握或贯彻以下几点。

1. 对照性

在实验设计中,通常设置对照组,通过干预或控制研究对象以消除或减少实验误差,鉴别实验中的处理因素同非处理因素的差异。

实验设计中可采用的对照方法很多,除阳性对照、标准对照、自身对照、相互对照外,常采用空白对照,即不给对照组任何处理因素。值得强调的是,不给对照组任何处理因素是相对实验组而言的,实际上对对照组还是要做一定的处理,只是不加实验组的处理因素。

2. 随机性

实验设计中的随机原则,是指被研究的样本是从总体中任意抽取的。这样做的意义在于:一是可以消除或减少系统误差,使显著性测验有意义;二是平衡各种条件,避免实验结果中的偏差。

3. 平行重复

平行重复原则,即控制某种因素的变化幅度,在同样条件下重复实验,观察其对实验结果影响的程度。任何实验都必须能够重复,这是具有科学性的标志。上述随机性原则虽然要求随机抽取样本,这能够在相当大的程度上抵消非处理因素所造成的偏差,但不能消除它的

全部影响。平行重复的原则就是为了解决这个问题而提出的。

4. 单因子变量

单因子变量原则,即控制其他因素不变,只改变其中某一变量,观察其对实验结果的影响。除了整个实验过程中欲处理的实验因素外,其他实验条件要求做到前后一致。

(五) 结论

观察、实验的价值即在于获得验证性的结果。因此,在实验中要记录实验的事实、现象和数据,即捕捉、记录由实验变量而带来的反应变量。然后,论证、说明实验中的自变量与因变量的因果关系,从而得到实验的结果。

(1) 如果所获得的结果与假设相符,则肯定假设。

(2) 如果结果与假设不相符,则否定假设。

(3) 如果结果与假设无关,则无从判断。

科学实验必须遵循真实、客观的基本准则,即实验中的观察一定要实事求是,一切从实验出发,使获取的事实、现象、数据尽可能地反映客观事物的本来面目。以上科学方法是进行实验设计,制订实验方案的理论依据。

第三节 实验流程的设计要素

一般来说,完善的设计方案需具备以下几个条件:实验所需三大资源,即人力、物力和时间条件满足;实验设计的“三要素”和“六原则”均符合专业和统计学要求;对实验数据的收集、整理、分析等有一套规范的规定和正确的方法。而其中准确把握实验设计的“三要素”和“六原则”,是科学实验设计的核心。

一、实验设计的“三要素”

(一) 实验对象

实验所用的材料即为实验对象。实验对象选择的合适与否直接关系到实验实施的易难,以及别人对实验新颖性和创新性的评价。一个完整的实验设计中所需实验材料的总数称为样本含量。最好根据特定的设计类型估计出较合适的样本含量。样本过大或过小都有弊端。

【案例】“家庭烹饪中微波加热对青椒中维生素C含量影响研究”这一设计性实验中,青椒就是本次实验的实验对象,或称为受试对象。样本取样量应该考虑以下几个方面。

(1) 家用一次烹饪的青椒数量,结合家庭人口规模,取2~3个常用典型。

(2) 结合微波加热条件组合的设计(一个组合3~5次重复),计算总体样本量。

(3) 市售青椒采样的代表性。例如,在超市取样,一要考虑货架因素,选取具有代表性的货架位置抽样;二要考虑包装因素,尽量选有代表性的包装,内容物过少、过多或过奇特的包装都不能选。

考虑实验失败的可能性,样本数量应该适当放大。

(二) 实验因素

所有影响实验结果的条件都称为影响因素，实验研究的目的不同，对实验的要求也不同。影响因素有客观与主观，主要因素与次要因素之分。研究者希望通过研究设计进行有计划的安排，从而能够科学地考察其作用大小的因素称为实验因素。

对评价实验因素作用大小有一定干扰性且研究者并不想考察的因素称为区组因素或称重要的非实验因素；其他未加控制的许多因素的综合作用统称为实验误差。最好通过一些预实验，初步筛选实验因素并确定取哪些水平较合适，以免实验设计过于复杂，实验难以完成。

“家庭烹饪中微波加热对青椒中维生素 C 含量影响研究”中，微波因素包括加热时间、微波强度、放置位置。介质因素，包括油、水、调料等。形态因素，包括常见的青椒切割方式，如整体、半切、切丝、切丁等几种方式。

这些因素若都一起考察，就会过于复杂。而我们的重点在于考察微波因素，就可以通过一定的预备实验，首先考察确定次要的介质和形态因素的实验水平，然后重点放在微波三因素的组合考察上。

(三) 实验效应

实验因素取不同水平时在实验单位上所产生的反应称为实验效应。实验效应是反映实验因素作用强弱的标志，它必须通过具体的指标来体现。要结合专业知识，尽可能多地选用客观性强的指标，在仪器和试剂允许的条件下，应尽可能多选用特异性强、灵敏度高、准确可靠的客观指标。对一些半客观（比如读 pH 试纸上的数值）或主观指标（对一些定性指标的判断上），一定要事先规定读取数值的严格标准，只有这样才能准确地分析自己的实验结果，从而也大大提高自己实验结果的可信度。

“家庭烹饪中微波加热对青椒中维生素 C 含量影响研究”中，微波加热时间水平的确定应该考虑以下几个条件。

(1) 不同加热时间之间的维生素 C 测定数字有明显的区别，即实验效应显著。这与具体的测定方法有关，如果是紫外法测定，灵敏度不如荧光法，相应的显著效应水平差距就应该大一些。

(2) 加热时间有较为明确的实际意义。例如，如果烹饪绝对不会超过 10min，选超过这个时间的水平，虽然也能看出差异，但是没有实际的指导价值。

二、实验设计的“六原则”

(一) 随机原则

随机原则即运用“随机数字表”、“随机排列表”及计算机产生“伪随机数”实现随机化。尽量运用统计学知识来设计自己的实验，减少外在因素和人为因素的干扰。