



GAODENG XUEXIAO ZHUANYE JIAOCAI

• 高等学校专业教材 •

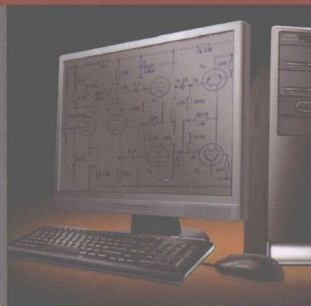
[高校教材]

食品研究与数据分析

(第三版)

刘魁英 主编

FOOD RESEARCH AND DATA ANALYSIS
(THIRD EDITION)



中国轻工业出版社

高等学校专业教材

食品研究与数据分析

(第三版)

主 编 刘魁英

副 主 编 王有年

参编人员 吴红棉 赵宗芸 张海英

 中国轻工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

食品研究与数据分析/刘魁英主编. —3 版. —北京:
中国轻工业出版社, 2009. 4
高等学校专业教材
ISBN 978 - 7 - 5019 - 6839 - 8

I. 食… II. 刘… III. 计算机应用—食品分析—高等
学校—教材 IV. TS207. 3 - 39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 012149 号

责任编辑: 涂润林

策划编辑: 李亦兵 责任终审: 劳国强 封面设计: 锋尚设计
版式设计: 王培燕 责任校对: 杨琳 责任监印: 马金路

出版发行: 中国轻工业出版社(北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印刷: 河北省高碑店市鑫昊印刷有限责任公司

经销: 各地新华书店

版次: 2009 年 4 月第 3 版第 1 次印刷

开本: 787 × 1092 1/16 印张: 17. 25

字数: 398 千字

书号: ISBN 978 - 7 - 5019 - 6839 - 8 定价: 34. 00 元

读者服务部邮购热线电话: 010 - 65241695 85111729 传真: 85111730

发行电话: 010 - 85119845 65128898 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社读者服务部联系调换

80941J1X301ZBW

第一版序言

食品研究的重要表现形式是新产品、新工艺的研制与开发,把琳琅满目的食品提供给社会,以满足不同层次、不同需求、不同用途的人们对食品多样化、合理化的要求。从事食品生产的企业在激烈的市场竞争中要靠新产品、新工艺的研制与开发谋求企业的生存和发展,因而必须重视食品研究,用现代化的科学技术不断提高产品的科技含量,增加产品的附加值。然而,食品研究与其它学科一样,实际上是一个研究数据的收集、整理、分析和表达的过程。翻阅几年来有关食品研究方面的杂志和会议论文集,感觉部分论文的试验设计不规范,统计分析也存在不同程度的问题,食品研究的数据分析与飞速发展的计算机技术不相适应。这种现象的产生可能是由于相当一部分食品研究者,包括食品专业的本科生、研究生,对数据分析的理论缺乏足够的了解,特别是计算机与数据分析的衔接在食品研究中的应用使其望而生畏,不愿涉足。

为此,经过几年的准备,编写了这本专著,介绍食品研究中数据分析的理论与方法,结合计算机在食品研究中的设计与分析,使计算过程形象化、简单化,并在教学中实践了几个循环,试图为从事食品开发的研究人员,食品专业研究生、本科生提供一本教材或教学参考书,并为广大读者配备了与之相配套的《食品研究与数据分析》汉字分析软件,用户只要具备简单的计算机操作技能,结合书中例题和汉语提示,就能够对食品新工艺、新产品的开发与研制过程中的数据进行分析。但由于编者水平有限,恐怕难以满足广大读者的要求,但至少可以起到一个抛砖引玉的作用。

本书的编写把系统工程学与数理统计学有机地结合在一起,着眼点放在会用的实用技术上,复杂的计算过程由计算机软件完成。在本书中力求由浅入深地认识规律,从系统设计、参数设计和允许误差设计入手,把产品质量评价指标的信息特征作为引申理论分布和抽样分布的出发点,使试验设计建立在统计理论基础之上,试验设计与数据分析相辅相成,体现了从简单的对比试验的方案设计到多因素复杂的回归正交试验方案设计,以满足不同层次的研究人员的需要。应用软件采用人机对话,可以英汉两种文字提示,便于不同年龄阶层和不同文化层次的食物研究人员进行试验设计和数据分析,也可作为本科生或研究生的教材。

编 者

第二版序言

《食品研究与数据分析》第一版出版发行以来,承蒙广大读者的厚爱,已经印刷了三次,许多科学技术人员在食品研究与开发以及发表的论文都引用了本书作为参考文献,一些非食品专业的科学技术人员在从事新产品的开发和研究中也参考了本书,在此对广大读者表示衷心的感谢!

在《食品研究与数据分析》第二版中,我们除了对书中的错误进行了修正以外,还补充了概念设计、二项分布等新的内容,使本书的系统性更加完善。由于计算机技术的飞速发展,操作系统不断更新换代,原来的应用软件在 Windows 2000 或更高版本的操作系统上不能正常运行,而软件的开发不仅存在着技术上的问题,而且资金投入也很大。为了满足 Windows 2000 以上版本操作系统的读者,本书再版之际推出了 2004 英文版应用软件,同时配备了汉语注释文件,不再受操作系统的限制,用户可以在程序运行的同时打开注释文件对照汉语注释操作。

另外,需要软件可以通过因特网联系, E-mail: liukuiying126@msn.com, 联系地址: 湛江海洋大学(邮政编码: 524088)。

刘魁英
于湛江海洋大学
2004 年 6 月

第三版序言

《食品研究与数据分析》第二版出版以来,许多大专院校食品科学或相关专业本科生和研究生选用本书作为教材。在《食品研究与数据分析》第三版编写过程中,对已发现的错误进行了修正,还补充了一些内容。

应广大读者的要求,现在已经将《食品研究与数据分析应用软件》升级为 V 0.8.6 版本,为 Windows XP 下的中文界面,傻瓜软件,无需懂得计算机语言也能操作自如。中文提示、人机对话的形式输入数据可有效的避免数据输入差错,数据可以保存、导入和修改,结果分析报告采用中文文档,增加了绘图功能,可以随时编辑、修改和打印,并配备了帮助文件,基本上可以满足广大食品专业本科生、研究生和食品研发人员及相关专业人员的使用要求。另外,软件仍在不断的升级中,功能会不断地完善和提高。

刘魁英

于广东海洋大学(原湛江海洋大学)

2008 年 5 月

目 录

第一章 食品的线性质量研究与非线性质量研究	(1)
第一节 食品质量的概念	(1)
第二节 系统设计、参数设计和允许误差设计	(5)
第三节 线性质量研究	(7)
第二章 食品质量指标的信息特征与表达	(9)
第一节 食品质量的感官指标、物理指标和化学指标	(9)
第二节 食品质量指标的信息特征	(11)
第三节 食品质量指标信息特征的表达	(13)
第三章 理论分布与抽样分布	(18)
第一节 概率—频率的稳定性	(18)
第二节 二项分布	(20)
第三节 正态分布	(25)
第四节 平均数抽样分布	(27)
第五节 t -分布	(31)
第六节 抽样技术	(33)
第七节 抽样误差	(34)
第八节 试验指标的数量化方法和数据处理	(36)
第四章 食品质量评价	(40)
第一节 变异系数	(40)
第二节 信噪比	(40)
第三节 多指标的综合评判	(42)
第五章 对比试验的方案设计与结果分析	(53)
第一节 对比试验的方案设计	(53)
第二节 计量资料试验结果的显著性测验	(54)
第三节 百分数或成数资料的显著性测验	(63)
第四节 计数资料的显著性测验	(66)
第五节 非参数检验	(70)
第六章 随机试验的方案设计与结果分析	(75)
第一节 随机试验设计	(76)
第二节 方差分析的基本原理	(77)
第三节 方差分析的基本方法	(86)

第四节 复因素试验的方差分析	(90)
第五节 裂区试验的方差分析	(94)
第六节 缺区估计	(97)
第七节 数据转换	(101)
第七章 线性反应试验的方案设计与结果分析	(103)
第一节 线性反应试验的方案设计	(103)
第二节 线性相关	(104)
第三节 线性回归	(109)
第四节 非线性回归	(116)
第八章 面体反应试验的方案设计与结果分析	(123)
第一节 面体反应设计	(124)
第二节 面体反应的模型(RSM)	(124)
第三节 多元回归分析	(126)
第四节 多元回归与偏回归的假设检验	(132)
第五节 参数分析	(139)
第九章 回归正交试验的方案设计与结果分析	(145)
第一节 回归正交试验设计的基本原理	(145)
第二节 回归正交试验的方案设计	(157)
第三节 回归正交试验的结果分析	(161)
第四节 线性规划	(169)
第五节 通径分析	(174)
第十章 混料回归试验的方案设计与结果分析	(181)
第一节 混料设计的原理	(181)
第二节 混料设计的步骤与分析方法	(183)
第十一章 均匀试验的方案设计与结果分析	(189)
第一节 均匀设计的基本原理	(189)
第二节 均匀设计的方法步骤	(197)
第三节 均匀设计试验的结果分析	(198)
第四节 均匀设计的假设检验	(200)
附录	(204)
一、“食品研究与数据分析应用软件”操作指南	(204)
二、附表	(244)
参考文献	(263)

第一章 食品的线性质量研究与非线性质量研究

随着人们生活水平的不断提高和生产技术的发展,人们对食品质量和品种的要求日益增长,这就需要我们不断开发新产品、新工艺以适应市场对食品质量的要求。所谓食品质量不仅是指食品要符合各项技术指标和卫生标准,而且要营养丰富、物美价廉、安全可靠。食品这些特性的形成不仅与生产质量有关,而且更需要一个良好的设计质量(包括产品设计与工艺设计)。设计质量是形成食品质量的关键一步,只有提高设计质量才能从根本上提高食品的内在质量。

食品的质量研究包括线性质量研究与非线性质量研究。线性质量研究是指食品制造过程中的质量研究方法,该方法是通过合理诊断、调节、改善与检查,使生产工序的质量达到效果好、费用低的目的。非线性质量研究是指进行食品新产品开发和新工艺设计的质量研究方法,该方法的重点是在食品开发过程中紧密地把专业知识和统计分析结合起来,在保证达到食品质量特性的前提下,充分利用各种设计参数与食品特性的非线性关系,通过系统设计、参数设计和允许误差设计的三段优化设计方法,从设计上控制食品的输出特性和质量波动,或出于经济考虑,在不压缩原材料质量波动的情况下,仍然保证食品特性的一种稳定的优化设计方法。

食品质量研究在食品加工专业中占有重要位置,首先,食品加工专业面对着激烈的市场竞争,市场需要产品的不断更新换代,为了占领市场,就要保持和提高原有食品的质量,不断开发新产品、新工艺。一个企业如果没有新产品,就失去了生存和竞争能力,当今市场经济体制要求企业的经营者和决策者具有一定的科学研究能力,不断地研制开发新产品、新工艺,以适应市场的竞争和谋求企业的生存和发展。

第一节 食品质量的概念

传统的观念认为食品只要符合技术标准和卫生标准就是质量好的食品。现在用新的质量概念分析,食品的质量不仅包括产品符合企业标准和卫生标准,而且要有不断采用新技术、新工艺来更新品种的能力。一个企业应具有新产品开发和新工艺研究能力,以不断提高产品质量。只有这样,才能生产出营养价值高、物美价廉、安全可靠的食品来。从质量形成的过程来看,食品质量不仅取决于生产工艺,而且与设计质量及保存质量密切相关;从食品的特性上来分析,食品质量除了指食品的一般性能指标外,还包括食品的货架寿命、营养价值、安全性和经济性等指标。

质量高的食品必须要有良好的设计质量和制造质量。现代市场经济要求企业用最低的成本生产出符合设计质量要求(即工业标准和公差)的食品。然而,更重要的是食品不仅要符合设计的工业标准和卫生标准,而且要努力使食品尽可能地接近设计目标值,缩小公差范围。然而,符合企业标准的产品并不一定是高质量的产品。例如:日本索尼公司与美国加利福尼亚州圣地亚哥索尼公司生产彩色电视机,两家公司采用同样的设计图纸,但日本索尼公

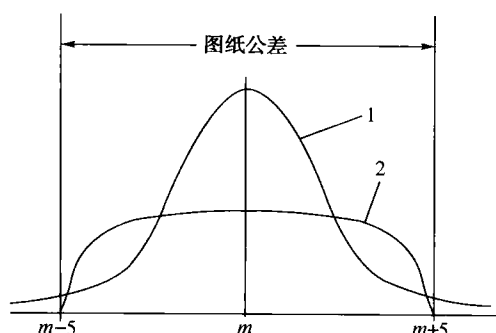


图 1-1 电视机色彩分布特性

司比美国索尼公司生产的彩色电视机均匀度要好,连美国人都愿意买日本索尼公司生产的彩色电视机。基于这一事实,美国索尼公司经过分析研究,找出了它们之间的差距。日本与美国生产彩色电视机均匀度如图 1-1 所示。 m 为工业标准值, $m \pm 5$ 为制造公差范围,曲线 1 为日本索尼公司产品分布特性,曲线 2 为美国索尼公司产品分布特性。由图可知,日本索尼公司的产品属于正态分布,它的不合格产品为 0.3%,美国索尼公司的产品属于均匀

分布,它的不合格产品为 0,为什么用户喜欢日本产品呢?原因在于日本索尼公司的产品质量分布几乎达到了以设计目标值为中心的正态分布,此时的标准差为公差的 $1/6$ 。在质量研究中,常用工程能力系数 C_p 来衡量质量的好坏。当 $1 < C_p < 1.33$ 时,说明工程能力适当,产品质量属于被控状态,即质量相当稳定,当 $C_p < 1$ 时,说明质量不稳定,需加改进。那么日本索尼公司的产品工程能力系数为:

$$C_p = \frac{\Phi}{6 \times \sigma} = \frac{10}{6 \times \frac{10}{6}} = 1$$

式中 C_p ——工程能力系数

Φ ——公差

σ ——标准差

美国索尼公司的产品虽然不合格产品比日本少,而公差范围内的产品均匀分布在整个区间中,此时均匀分布的标准差可用公差的 $1/\sqrt{12}$ 表示,即当公差为 10 时,其标准差为 $10/\sqrt{12}$ 。因此美国产品为 0.3%,工程能力系数为:

$$C_p = \frac{\Phi}{6 \times \frac{10}{\sqrt{12}}} = 0.577$$

根据分析表明,美国的产品质量低于日本的产品质量。

通过上例可以说明,符合公差要求的产品并不一定都是用户满意的好产品,更重要的是产品质量特性是否接近设计公差的中心值。因此,食品质量的好坏不能单纯看是否符合公差。公差只是人为决定的判断标准,并不能表示产品内在质量的好坏;而内在质量的好坏主要由质量特性偏离设计中心值的大小来决定。

根据食品形成全过程,食品质量研究大体可以分成下面几个阶段:

(1) 概念设计阶段 即食品规划阶段,该阶段是根据食品研究的新成果、新技术、新产品在食品上的应用情况,规划设计新产品、新工艺,定位产品的消费群体,并根据食品中的营养成分或强化营养素推知产品的功能,依据市场需求、消费群体的消费水平以及产品的成本估算产品的价格。

(2) 食品设计阶段 一般可以分成系统设计、参数设计和允许误差设计三个步骤。

系统设计是由专业设计人员根据市场所需的性能、质量、价格情况进行功能设计。参数设计是运用参数组合与食品特性的非线性关系,通过采用对比试验、随机试验、线性反应试验、面体反应试验、回归正交试验、均匀设计和混料设计以及与其相配套的统计分析方法,找出食品最佳性状的工艺条件和参数组合。允许误差设计是在参数设计完成以后,通过计算质量的管理费用,把质量与成本加以综合平衡的一种公差设计方法。

(3) 工艺设计阶段 一般可以分成系统设计、参数设计和允许误差设计三个步骤。工艺设计阶段的系统设计主要是由工艺人员决定采用何种原料、何种加工设备、怎样的加工工序等。工艺阶段的参数设计主要是在生产工序、生产设备已决定的情况下进一步选择合理的加工机器的工作状态和工业标准;工艺阶段的允许误差设计主要是决定整个工艺各个阶段可调的公差范围。

(4) 生产制造阶段 主要是对生产现场进行及时的动态管理,包括工序的诊断、调节及改善食品的检查设计。

(5) 食品销售阶段 主要是搞好市场销售服务及市场信息的收集、调查和分析。因此,针对不同的干扰,相应的质量措施也是不同的。例如,要解决内部干扰、外部干扰以及原材料的干扰,必须在食品设计阶段采取措施,否则,到了生产设计阶段即使采用好的原材料、加工设备、生产工艺,也难保证食品的良好商品特性和市场竞争能力。各阶段的质量措施见表 1-1。

表 1-1 质量措施表

质 量 措 施		质 量 干 扰		
		外部	内部	原材料
非线性质量研究	系统设计: 决定食品的结构和材料	○	○	○
	产品设计 参数设计: 决定最佳参数组合中心值	○	○	○
	允许误差设计: 决定食品适当的公差范围	△	○	○
	系统设计: 决定加工设备和包装	×	×	○
	工艺设计 参数设计: 决定加工速度和工作状态	×	×	○
	允许误差设计: 决定工艺的加工公差范围	×	×	○
线性质量研究	工序诊断、调节与改善: 掌握工序动态	×	×	○
	食品制造 及时进行修正、改善			
	工序的检查和处理: 食品的检查设计	×	×	○
	服 务 对外开展广告宣传、技术咨询服务	×	×	×

注: ○表示起作用; ×表示不起作用; △表示作用不大。

国外一般把生产制造以前的质量研究称为非线性质量研究,把生产现场和技术服务的质量研究称为线性质量研究。因此,非线性质量研究包括食品设计、工艺设计过程的质量研究。

实践证明,产品设计、工艺设计阶段的质量研究(简称设计阶段的质量研究)是整个质量研究的关键。许多成果不能转化为商品,就是产品设计、工艺设计不合理所造成的。在食品的设计与制造过程中受到的外部干扰、内部干扰和原材料干扰将造成食品质量的波动,因此食品质量的波动是客观存在的。研究食品设计、工艺设计质量并不是为了消除波动(当然是办不到的),而是要把先进的专业技术与科学的统计分析密切地结合起来,通过严密的

计算和必要的试验,用较少的时间和较低的费用找出质量波动较小的设计参数最佳组合。

设计阶段的质量研究首先要解决的问题是如何充分发挥技术人员的专业知识,运用对比试验、随机试验、线性反应试验、面体反应试验和回归正交试验以及与其相配套的统计分析方法,对设计参数的组合与工艺参数的选择进行优化设计。运用这种设计方法,可以定量地考察某个因素对食品质量的影响程度,并找到最佳的区间,从而达到衰减食品质量波动的目的。

设计阶段的质量研究要解决的第二个问题是怎样用较低的设计成本生产出优质食品,使食品在市场上具有较强的竞争能力。这不仅要保证食品有好的质量特性,而且要选择合适的质量等级与制造成本的关系,从而确定合适的市场销售价格。

食品质量等级与生产成本之间存在着如图 1-2 所示的关系,图中横坐标为质量等级,纵坐标为价格费用;曲线 1 表示各种质量等级在市场上的销售。可以看出,质量等级愈高,售价也愈高。曲线 2 表示达到一定质量等级工厂相应付出的质量措施费用,工厂的经营效果实际上就是曲线 1 和曲线 2 的合成。现在来分析各种质量等级的经济效益。如果选择较低的质量等级,例如图中的 3 级,这时食品售价为 A' ,制造成本为 A ,获利为 $A' - A = a'$ 。当选择较高的质量等级,例如图中优级,这时食品售价为 C' ,比 1 级食品的售价提高 d' ,但制造成本为 C ,比 1 级食品的成本高 d 。由于 $d' < d$,盈利相对减少,再加上售价太高销售量减少,还可能出现亏损。因此这个选择也是不可取的。最后根据市场需要选择 1 级食品,这时的制造成本为 B ,比 3 级质量高出一个 b ,而售价为 B' ,比 3 级质量高出 b' 。由于 $b' \gg b$,通过技术经济分析,可以看出这是一个可取的方案。

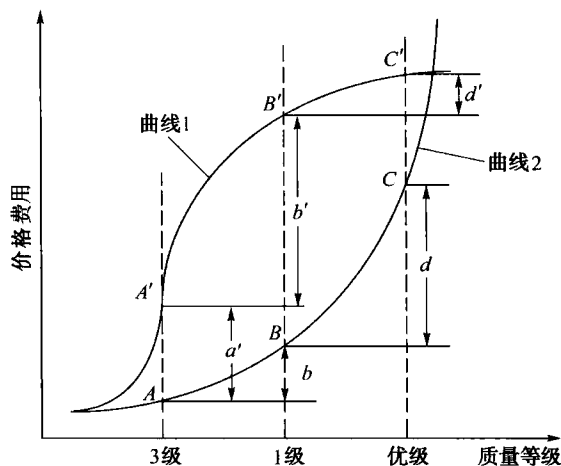


图 1-2 质量等级与成本、销价的关系

这里的制造成本费用曲线,根据工厂的技术水平、管理水平而变化。而设计阶段的质量研究,通过适当的试验设计,可以找到符合工厂实际情况的合理费用效益曲线,从而决定食品的加工要求,取得较好的经济效益。

总之,设计阶段质量研究的目的是从设计上控制食品的质量特性和质量波动,以取得较好的技术经济综合效果。具体来说,是用专业技术来选择需要定量考察的各种设计、工艺因素和水平,用统计技术来选择因素和水平的最佳组合,从而掌握全部因素和水平对特性值的影响程度,实现参数组合的非线性优化设计,达到质量波动衰减的目的。这是一种在原材料波动较大,加工设备较差的情况下,或出于经济考虑,在不宜压缩原材料波动幅度的情况下,以及在需要扩大食品适应性情况下,仍然保证食品的最终质量特性和稳定性的一种优化设计。

采用专业技术与统计技术相结合的优化设计,与传统的专业设计有很大的不同。优化设计是在专业技术(统计技术)基础上发展起来的一种先进设计。它用统计的方法定量地分析各种参数组合与食品特性的关系,从而求出最佳组合。

采用专业技术与统计技术相结合的优化设计,与传统的专业设计有很大的不同。优化设计是在专业技术(统计技术)基础上发展起来的一种先进设计。它用统计的方法定量地分析各种参数组合与食品特性的关系,从而求出最佳组合。

优化设计通过必要的试验与计算,定量地指导我们对设计参数组合进行合理的修正。优化设计还能将设计参数的选择与计算质量研究费用联系起来,帮助我们找到成本较低而质量特性又相对合理的工艺控制范围(即公差范围)。这样可以避免质量过高造成的生产效率低下。

优化设计实际上是把整个食品设计工作进一步细致化,分成系统设计(一次设计)、参数设计(二次设计)和允许误差设计(三次设计),所以在日本又被称为“三次设计”。

第二节 系统设计、参数设计和允许误差设计

一、系统设计

系统设计即传统设计,是依靠专业技术进行的设计。例如:设计一种罐头,根据食品的质量要求,需要选择何种原料、何种包装、采用哪种加工工艺等,都需要由专业技术人员做出决定。系统设计的质量完全取决于专业技术人员的技术高低。但结构复杂,特别是多参数、多特征值的食品,要全面考察各种参数组合的合成效应,单凭专业技术进行定性的判断是远远不够的,因为它无法定量地找出经济合理的最佳参数组合。但是,系统设计是整个设计的基础,通过它可以帮助我们选择需要考察的因素和水平。

二、参数设计

由于系统设计是凭专业知识的经验和推测来决定所需要考察的因素和水平,因此这种设计在减少质量波动,降低成本等方面的综合考虑是很不充分的。参数设计是一种非线性设计,它是在系统设计的基础上,运用线性反应试验、面体反应试验、回归正交试验、均匀试验和混料试验以及与其相配套的统计分析方法来研究各种参数组合与食品质量特性的非线性关系,找出特性值波动最小的最佳参数组合。所以参数设计又可称为参数组合的中心值设计。

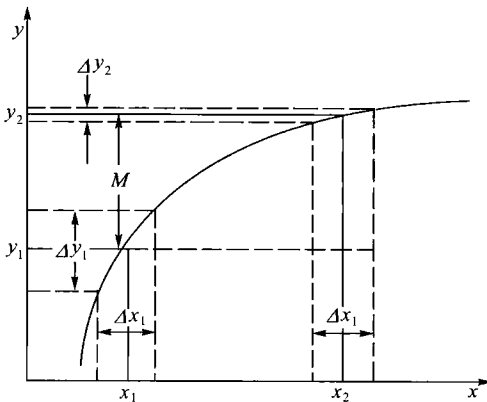


图 1-3 输出特性与因素组合的关系

食品研究中的质量波动情况是很复杂的。许多食品的质量特性与因素组合之间均存在着不同的非线性回归关系。例如:质量特性为 y , 因素水平组合为 x 的食品存在着图1-3所示的非线性回归关系。是否可以通过改变某些因素水平的不同组合,在达到设计中心值的同时又使食品质量波动减小呢?如图1-3所示,当因素组合 x 处于 x_1 时,其因素波动为 Δx_1 ,此时的食品特性为 y_1 ,食品特性值的波动幅度为 Δy_1 。如果通过线性反应试验、面体反应试验和回归正交试验找到了新的因素组合,此时因素波动仍然

为 Δx_1 ,但相应的食品特性值为 y_2 ,特性值的波动幅度为 Δy_2 ,可以从 $\Delta y_2 < \Delta y_1$ 这一事实清楚地看到,由于食品特性与因素组合存在着非线性函数关系,在因素波动幅度不变(即原材料和加工条件不变)的情况下,只要合理地选择因素组合,就可大大减少食品特性值 y 的波

动范围。

在食品开发中,一般是在关系未知的情况下进行参数设计的。这就必须通过试验的办法借助对比试验、随机试验、线性反应试验、面体反应试验和回归正交试验以及与其相配套的统计分析方法,对各种参数组合与食品质量特性进行定量的分析,以使用较少的试验次数寻求符合设计目标值并且稳定性高的最佳参数组合。

三、允许误差设计

通过系统设计、参数设计,完成了最佳参数组合的选择,决定了参数组合的中心值,但有些食品的波动仍然比较大。在这种情况下,就得考虑选择较好的原材料,把影响食品质量特性的因素控制在比较小的范围内。但是,这势必造成成本上升。因此,设计中必须把食品质量和成本进行综合平衡。

采用允许误差设计的方法,通过研究多种允许误差范围与质量研究费用的关系,可对质量和成本进行综合平衡。例如,可以将对食品质量特性影响较大而成本较低的原材料的允许误差范围设计得小一点,而把对食品质量特性影响较小而成本较高的原材料的允许误差范围设计得大一点。

因此,在允许误差设计中,需要有一个评定由质量波动造成的经济损失的方法。这就是怎样计算质量研究费用的问题。

例如:酿造高档次的葡萄酒,要求葡萄的可溶性固形物达到 17%,如果葡萄的可溶性固形物过低,酿造的葡萄酒就达不到食品质量标准;如果葡萄的可溶性固形物过高,势必增加葡萄的收购价格,只有当葡萄的可溶性固形物在 17% 时,葡萄酒的食品质量才能达到设计质量目标且质量研究费用最低。食品质量特性与质量研究费用可用图 1-4 的 $L(y)$ 曲线表示。

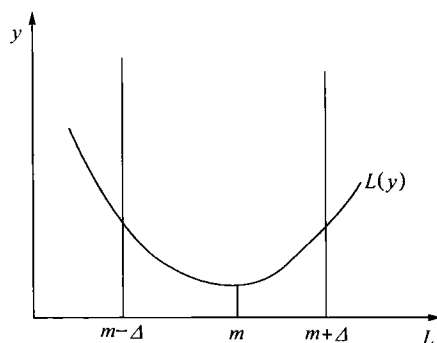


图 1-4 食品质量特性与
研究费用的关系

图中横坐标为食品质量特性波动情况(L),纵坐标为质量波动造成的经济损失(y), $L(y)$ 为质量研究费用, m 为目标特征值。由图可以看出,当 $m=y$ 时经济损失最小,当 y 偏离 m 的距离越大,经济损失越大。围绕目标值 m 对 $L(y)$ 作泰勒级数展开可得:

$$\begin{aligned} L(y) &= L(m+y-y) \\ &= L(m) + \frac{L'(m)}{1!}(y-m) + \frac{L''(m)}{2!}(y-m)^2 + \dots \end{aligned}$$

由于 $L(y)$ 在 $y=m$ 时为极小值,因此在该处的导数 $L'(m)=0$,即泰勒级数展开式的第一项 $L(m)$ 及第二项 $\frac{L'(m)}{1!}(y-m)$ 均为 0,所以 $L(y)$ 的主要项就是第三项 $\frac{L''(m)}{2!}(y-m)^2$,即 $L(y)$ 在 $y=m$ 附近近似地等于一个二次曲线。其中 $\frac{L''(m)}{2!}$ 当目标值确定以后就是一个常数,可用一个比例常数 K 代表。从而进一步看出 $L(y)$ 的大小

主要由 $(y - m)^2$ 来决定,也就是说,食品质量特性值 y 与目标特征值 m 的偏差的平方的大小决定经济损失的大小。因此在实际应用中经常将质量研究费用写成:

$$L(y) = K(y - m)^2 \text{ 或 } L(y) = K\sigma^2$$

式中 σ^2 ——在质量研究中食品分散情况的方差

从上式又可以计算出比例常数 K :

$$K = \frac{L(y)}{(y - m)^2} = \frac{A}{\Delta_0^2}$$

式中 Δ_0^2 ——食品在使用过程中的单侧极限允许差

A ——食品在超出极限允许差时的经济损失

假设可溶性固形物含量达到 17%,葡萄汁所发酵出来的酒精含量中心值为 11%,酿造的葡萄酒酒精偏离中心值 2 度(即 $\Delta_0 = 2$)时,葡萄酒的质量将下降一个档次,售价将损失 8 元(即 $A = 8$),根据比例常数计算公式得

$$K = \frac{A}{\Delta_0^2} = \frac{8}{2^2} = 2$$

从而可以求出质量研究费用

$$L(y) = K(y - m)^2 = 2(y - 11)^2$$

以上是由于食品质量波动造成食品降档降级,造成经济损失。那么,工厂应采取多大的公差范围呢?将 8 元代入公式得:

$$L(y) = K(y - m)^2 = 2(y - 11)^2$$

对 y 求解得

$$y = 11 \pm 2$$

因此工厂应规定 $y = 11 \pm 2$ 为公差范围。总之,允许误差设计是参数设计决定最佳组合的中心值以后,根据经济损失函数,综合平衡选择合理的公差范围。当然,上述的参数设计和允许误差设计只是一种概念性的分析,实际的设计计算要复杂得多。

第三节 线性质量研究

在制造过程中产生的质量问题,可以分成三种情况:第一种情况为连续型,即当某工序产生不合格食品后,若不进行调整,该工序将继续生产不合格食品;第二种情况为断续型,即未对工序进行调整而能自动恢复正常,不再出现不合格食品;第三种情况为瞬间型,即工序随机出现不合格食品。针对不同形式的质量问题,采用不同的措施。对连续型问题可采取工序诊断、调节与改善的方法。对断续型问题,看其不合格品维持时间长短作连续型或瞬间型加以处理。对瞬间型问题只能根据食品的临界不合格率来作食品检查。这种制造过程的质量研究称为线性质量研究。它包括工序诊断、调节和改善,工序的检查和处理以及开展用户服务等。

一、工序诊断、调节和改善

工序诊断、调节是防止生产工序中产生大量的不合格产品的一种有效方法,即当工序中出现不合格产品时,应立即让机器停止运转,并对机器是否产生不合格食品进行检查。这就

是诊断,诊断一方面需要一定的专业技术技能,另一方面需要一定的诊断技术,这种诊断技术是利用对比试验、随机试验等析因试验,确定造成食品不合格的原因,通过调节和改善工艺过程、生产设备和技术培训来达到降低成品不合格率的目的。如果机器是正常的,没有故障,没有产生不合格食品,就让它继续运转、生产;如果机器有故障,已经产生不合格食品,就立即关掉机器进行修理,使其恢复到原来的良好状态,这就是调节。这种系统称为生产工序调节系统。

例如:生产流水线从早晨首检第一瓶饮料发现不合格,则一天中的食品就不能说全部合格。如果首检合格而末检不合格,就有各种各样产生不合格的情况。那么隔多少瓶抽样一次,一次抽多少样品,如何抽样,这些都是抽样技术的内容。

二、工序的检查和处理

一个制造过程虽然处于正常的工作状态,不合格食品却不一定是0,检查的办法如何确定呢?先进的国家一般认为若不合格食品率低于百万分之一,对工序采用检查的方法是不利的。不合格品率低于某种程度,即低于临界不合格品率时,全数检查并不利。若不合格品率高于临界值时,全数检查则变为有利。若不合格品率低于临界值时,则不该做检查。从经济的角度来看,将少数不合格品的食品卖出去,以后利用售后服务的办法来解决是合算的。

为使临界不合格品率发挥作用,制造质量必须在正常状态。为使制造过程正常,可使用工序调节的方法,为了与临界不合格品率比较,还必须做好制造工程能力调查。为达到这个目的,可以使用质量研究(图1-5)。

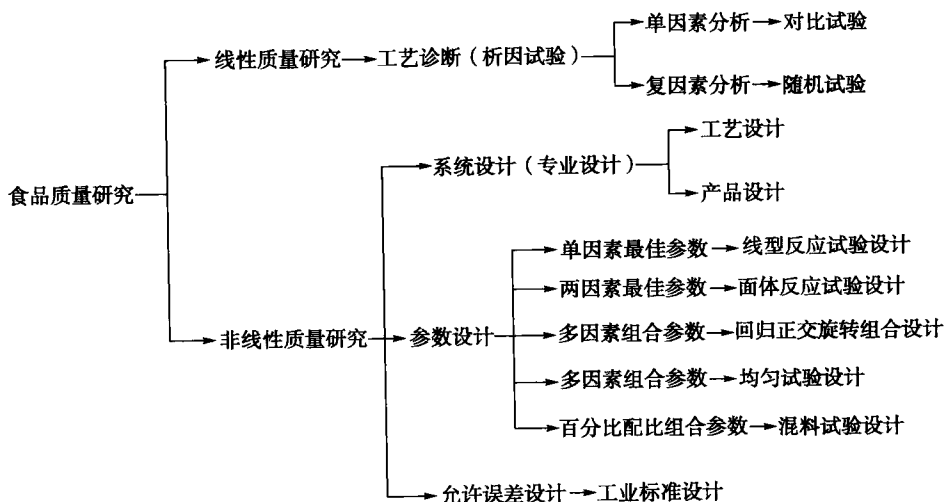


图 1-5 食品质量研究图

第二章 食品质量指标的信息特征与表达

所谓食品质量指标,系指携带食品质量信息的调查内容,也称为观察值。在食品质量研究过程中,往往采用抽样的方法,通过对一批产品抽取一定数量的样品进行质量分析和数量化方法,以数据的形态输出。所谓数据,是携带某些试验信息的数。这些数据尽管来源一致,但差异很大。例如,同一加工流水线生产的同一品种、同一规格的罐头中,虽然采用的工艺措施力求一致,但得到的每一批号罐头的质量并不一样,说明不同批号之间受到一些偶然因素的影响,而产生了变异。如果用同一批号的罐头质量来代表全部罐头的质量显然是很不可靠的,如能测量全部批量罐头的质量,求其平均数,用平均数来代表,当然最可靠,但工作量非常大,且有些质量检查是破坏性的,因此全部检查在生产中难以实施,一般只需在每批中选取一部分样本,测定其产品质量,求其平均数,用以代表全部产品的质量。

从上述每批产品中抽取的单个样本在统计学上称为个体,许许多多的个体组成的群体,称为总体。总体是由具有共同性质的大量个体组成的集团,它所包含的个体数量往往是无限的。因此总体往往是想像的或抽象的一个集团,即所谓的“无限总体”。但有时研究的总体对象,比如一个小的加工厂,所含的个体数量是有限的,这种总体称为“有限总体”。

若试验研究的对象是总体,从总体得到的特征数称为参数(parameter),如平均数、标准差等。参数是总体信息的特征值,是固定不变的。但因总体包含的个体太多,不可能一一加以测定,故参数也就无法测得,只能从中抽取一部分来代表总体。用样本所测得信息的特征数作为总体参数的估计值,这种估计值称为统计数。这一从总体抽取的部分称为样本。样本是由若干个个体组成,如果这些个体的抽取是随机的,此样本称为随机样本。在统计学上,一般所说的样本常指随机样本。同一总体或样本的各个个体,即使在相对一致的条件下,难免不受一些偶然因素的影响,彼此间的性状会有所变异。对每一个体按所研究的某一些性状进行观察,测定得到的数值称为观察值。单个观察值也称为变量。

第一节 食品质量的感官指标、物理指标和化学指标

食品质量的感官指标是利用人体五官的感觉——味觉、嗅觉、视觉、听觉和触觉对食品做出质量指标的客观评价。用符号或者文字做出实验记录的数据,对食品的各项质量指标,如色、香、味、硬度等作判断,然后对试验结果进行统计分析得出结论。对于食品来说,无论营养价值、组成成分等如何,其可接受性最终往往是由感官鉴定结果来下结论的。食品质量的物理指标和化学指标只是其组分含量的标志,而组分之间的交互作用对感觉器官的作用往往与组分的单独作用不同,例如食盐会使人产生咸味感觉,糖会使人产生甜味感觉,当两者混合作用时,给人的感觉并不是简单的两者相加。人的感官是十分有效而敏感的综合检