

〔苏〕B.Б.托斯托古佐夫著

王树桐译

人 造 营 养 食 品

农 业 出 版 社

人 造 营 养 食 品

(制备食物的新途径及其发展
前景，生产的科学原理)

[苏] B. B. 托斯托古佐夫 著

王树桐 译

农 业 出 版 社

人 造 营 养 食 品

〔苏〕B.Б.托斯托古佐夫 著

王树桐 译

农业出版社出版(北京朝内大街130号)

新华书店北京发行所发行 兰州新华印刷厂印刷

787×1092毫米32开本 9印张 197千字

1985年5月第1版 1985年5月兰州第1次印刷

印数 1—9,050册

统一书号 15144·686 定价 1.60 元

前 言

目前，世界粮食生产还不能满足全球居民的生理需要，主要是蛋白质和热量不足，这可以说是举世公认的事实。然而，当前世界粮食问题的特征，不仅在于粮食产量的一般不足，而且在于不同地区、不同国家和不同阶层居民之间，食物的生产和消费分配得极不均衡。世界上有60%以上的居民饮食不符合要求，尤其是得不到足够数量的蛋白质。饥荒和营养不良的受害者主要是亚洲、非洲和拉丁美洲发展中国家的居民。

饮食不足和营养不良的问题，首先是社会经济问题和政治问题。殖民主义和新殖民主义者强加给发展中国家的社会经济条件，不利于解决饮食问题。殖民主义经营制度的后果，诸如整个经济落后，工业不发达，资金不足，工艺和交通运输基础薄弱，农业实行连作制，专家很少和居民文化水平低等等，都妨碍着这些国家运用现代科学技术成果来发展粮食生产，克服饥荒和营养不良。另一方面，在资本主义管理方式下，许多发展中国家实行了新的农业经营方法（如采用“绿色革命”的方法和手段），结果加剧了收入分配上的不平等，导致小农经济迅速破产，造成以农业人口为主的这些国家的就业率下降，导致居民贫困化和有支付能力的食物需求下降。所以说，并不是各阶层所有居民都从采用新工艺中得到好处。

在工业发达的资本主义国家里，有相当多的居民由于有

支付能力的食品需求不足而得不到令人满意的营养，尽管这些发达国家是粮食的主要出口国。另外，为了刺激出口和支持农产品价格，这些国家的政府经常耗费大量资金，用来销毁食品和支付停耕奖金。

与此相反，在社会主义国家里，不仅消灭了饥荒，而且还不断地提高居民的营养水平。社会主义国家力求使科学技术的巨大力量为人民服务，利用科学技术重新装备农业，以便提高人民的福利。

由此可见，造成全世界粮食短缺的原因，特别是造成发展中国家粮食严重不足的原因，主要在于资本主义制度和殖民主义制度。发展中国家人口的迅速增长，并不是导致世界粮食问题尖锐化的起因。当然，它也给解决粮食问题增加了困难，因此人口问题也需要采取紧急而有效的措施来解决。

粮食问题，就其实质而言，是社会经济问题和政治问题，解决这个问题效率在相当大的程度上取决于为社会利益而广泛利用现代科学技术成就的可能性。在有利的社会政治条件下，既采用传统的生产方法，也采用不同质的、崭新的生产方法，食物产量的增长速度就可以达到需要的水平。实现这一目标所必需的前提条件正在现在科学技术革命的进程中形成。

解决饮食问题的传统方法是提高种植业、畜牧业、养禽业、渔业的产品率，以及降低食品原料和食品在生产和贮存中的损失。可是，由于传统食物生产方法的效率不高，结果造成一种极不正常的现象，一方面是蛋白质严重不足，另一方面则是已有的、相当丰富的食用蛋白质的潜在资源，或者根本没有得到利用，或者利用得极不充分。这里指的主要是油料作物蛋白、豆类蛋白、谷物蛋白、脱脂奶蛋白、酵母蛋

白和其它单细胞生物蛋白，以及绿叶蛋白和绿色植物体蛋白、低级鱼类蛋白和其它海洋水产品蛋白，等等。

影响把蛋白质广泛用于饮食的基本原因，在于它们缺乏对消费者的吸引力。蛋白质是高分子化合物，既没有味道，又没有气味，而且通常都是无色的。因此，不可能把干粉状、溶液状或糊状的蛋白质离析物广泛用于饮食。而把蛋白质用做传统食品的加料，又受到用量上的限制。因为大量加入蛋白质往往会破坏被加强的食品的单细胞结构，会降低食品的味道和消费质量。于是便提出了一项任务，即研制使用各种来源的蛋白质制备食物的方法。有效地完成这项任务，显然不是传统方法所能胜任的。

近些年来，在科学技术革命进程中形成一个具有不同性质的食物生产的新方向，而且它很快就显示出自己的重要作用。这个新方向就是制备人造营养食品，其特点在于采用工业方法加工蛋白质。生产人造营养食品的基本任务是将蛋白质加工成诱人的食物，以便使它得到广泛的消费。换句话说，新方向的实质在于将蛋白质和其它食用物质加工成价格低廉、营养丰富、诱人消费的营养食品。在工业发达国家，这个崭新的生产方向已经得到了迅速发展，一个新兴的大批量生产的工业部门正在形成。

实际掌握人造营养食品生产的历史虽然不长，可是所取得的成果反复证明这样一个事实，即新的生产方向在急剧扩大蛋白质食物生产方面是大有可为的。在发展人造食物生产的最初阶段，即在最近一个时期里，它可以显著地提高农业生产的效率，这主要是通过对农产品原料进行综合加工，以及利用植物蛋白和含有蛋白质的农业和食品工业的下脚料，制备人造营养食品。所以说，在这个时期里不是要取代农业

生产，而是对农产品，主要是对蛋白质产品进行更加充分、更加合理的加工，以便取得更大的经济效益。在较远的将来，即在第二阶段，当人造营养食品生产与传统食品生产在产量上不相上下时，某些种传统生产的比例可能发生深刻的变化，农业的许多部门将要收缩。种植业的发展将促进植物蛋白生产的扩大和模拟肉类制品、奶类制品将蛋白质直接加工成人造营养食品生产的扩大。在这个阶段上，在人类的口粮结构中传统食品和人造营养食品将得到很好的配合，并将保证成倍地增长的世界人口的饮食供应。所以说，在这个阶段上也不会发生人造食品生产取代传统食物生产的问题。这两个生产方向将更加紧密地结合起来。最后，在第三阶段，当以微生物方法制备的蛋白质和其它食用物质为基础制备人造食品的工业发展起来的时候，才有可能基本上采用非农业方法生产食物。

关于采用工业方法制备食物的巨大潜力和开展这方面研究工作的重大现实意义的思想是A.H.涅斯米扬诺夫院士于1961年提出来的。于是在他的领导下，苏联科学院元素有机化合物研究所首先开展了对人造食品问题的综合研究，开始深入研究这一新兴生产部门的科学原理，并令人信服地指出了它的发展前景。

这个新兴的大批量生产部门所面临的基本任务是，急剧地扩大食物的生产规模，降低生产成本，保证蛋白质营养在数量上和质量上达到需要的水平，组织儿童饮食、医疗饮食、预防性饮食，以及在科学技术革命发展过程中形成的新条件下和特殊条件下的饮食。

关于制备食用物质并将其加工成人造营养食品方面的研究课题是大量的、复杂的。对这些课题进行全面的研究是在

十年至十五年~~前~~开始的。将不同来源的蛋白质加工成各种形式的人造食品的科学原理的研究，则首先是在苏联开展起来的。

编写本书是作者的初次尝试，它试图将有关加工人造营养食品方面的大量文献资料和苏联科学院元素有机化合物研究所取得的实验结果加以综合，使之系统化。书中考察了将蛋白质加工成人造营养食品的一些科学问题和科学技术问题，以及这个新兴生产部门的现状和发展前景。

本书的任务是，论述这个新兴领域中科学问题的范围和确立这样一种崭新的食物生产方向的科学技术前提的存在，这个新方向能够极大地扩大食物资源，提高食物质量和生产、消费食物的经济指标。

目 录

前言

第一章 人造营养食品是生产食物的新方向	1
一、传统食品	1
二、生理价值更高的食品	15
三、人造营养食品是新型食品	22
1. 概述	22
2. 人造营养食品的基本特点	25
参考文献	30

第二章 用蛋白质加工人造营养食品的物理化学原理

	37
一、人造营养食品是多组分凝胶体	37
二、蛋白质和多糖在水介质中的相容性和相互作用	41
1. 蛋白质和多糖的热力相容性	44
2. 蛋白质—多糖—水双相液体体系的流变性能和结构	52
3. 在水介质中蛋白质和多糖的静电反应	60
三、凝胶状态与制备人造营养食品问题	71
四、调节凝胶体的成分、结构和性能	82
1. 填充凝胶体	82
2. 混合凝胶体	86
3. 络合凝胶体	91
4. 各向异性凝胶体	94
(1) 采用双相体系变形并使其转化为凝胶状态的办法制备 各向异性凝胶体 (95)	
(2) 离子移变凝胶体 (102)	

五、研究用蛋白质加工人造营养食品过程的意义	112
参考文献	115
第三章 作为人造营养食品原料的蛋白质	130
一、关于蛋白质机能性能的概念	130
二、大豆蛋白	135
三、其它植物蛋白	184
四、动物蛋白	155
五、酵母蛋白、藻类蛋白和其它单细胞体蛋白	159
六、氨基酸	164
参考文献	167
第四章 人造营养食品的制备方法	175
一、人造奶和奶类制品	176
二、人造米类和人造通心粉制品	186
1. 人造米类	187
2. 人造通心粉制品	193
三、人造肉类制品	198
1. 模拟碎肉制品制备的人造肉类制品(人造碎肉制品)	200
2. 人造纤维结构肉类制品	204
(1) 湿纺食用蛋白纤维, 并将其加工成人造肉类制品(208)	
(2) 制备人造纤维结构肉类制品的食用粘合剂(217)	
3. 人造多孔结构肉类制品	219
四、人造炸土豆	230
五、人造鱼子粒	233
六、其它人造营养食品	239
参考文献	243
第五章 人造营养食品生产是新兴的大批量的生产部门	260
一、人造营养食品的消费	260
二、人造营养食品生产及其发展前景	267
参考文献	272

第一章 人造营养食品是生产食物的新方向

一、传统食品

据推算，人类在地球上大约生存了两百万年〔1、2〕。在相当长的时期里，世界人口每千年增长2%左右，即每年约增长0.002%。在纪元以后的头16个世纪里，世界人口的增长率每年为0.1%，而现在已经达到2%。这就是说，人口的增长速度加快了3个位数。这种史无前例的人口增长速度是在二十世纪后半叶出现的，被称之为人口爆炸〔1—8〕。

纪元初，全世界大约有两亿人。18个世纪以后（到1830年）世界人口达到十亿，而达到第二个十亿大约花了100年（是1930年达到的），第三个十亿只花了30年（是1960年达到的），第四个十亿仅仅花了15年（是1976年达到的），预计在1985年至1989年间，世界人口将突破五十亿大关。根据联合国预测，到本世纪末世界人口还要增加50%以上〔6、7〕。

世界人口的爆炸，主要是由于发展中国家人口迅速增加而引起的，在这些国家里，人口的年增长率高达2.2—4%。

所以，人类饮食的现有水平无论是在数量上，还是在质量上已经远远不能满足需要。

从数量上来说，占世界人口15%的居民，主要是发展中国家的居民，得不到必需数量的食品〔6—14〕，主要是热量不

足。热量主要靠摄取食物供能成分——糖类和脂类来供应。热量的需要量取决于每个人的活动特点、年龄、性别、气候条件和其它条件。因此,对世界不同地区的居民来说,平均热量需要量也不相同。如果说,根据通用的饮食标准,每人每天的热量需要量平均为 3,000 千卡,那么活动量少的脑力劳动者则为 2,300 千卡,一般体力劳动者为 3,000 千卡,而重体力劳动者则为 4,000 千卡^[15, 16]。在发达国家,每人每天平均的食物供能成分的摄取量超过 3,000 千卡;也就是说,在一定程度上超过了需要量。假如考虑到这些国家中脑力劳动范围不断扩大的因素,这个问题就更加明显了。由于摄取的热量过多,而且还在不断增加,结果造成身体过重和脂肪过多,使许多病情加重,工作能力下降,平均寿命缩短。与此相反,发展中国家所生产的食品,按热量计算,还不到需要量的 60%^[8], 每人每天的平均热量摄取量不超过 2,150 千卡。

由此可见,如果说在发展中国家,尤其是在最贫困的居民阶层中间,存在的问题是解决热量的严重不足,那么在发达国家则存在着相反的任务,即减少饮食中的含热量,研制治疗身体过重的饮食量和食品。

如果说上千年来人类所作的努力,主要是靠重体力劳动来同饥饿进行斗争,解决食物数量不足的问题,因而引起对能源需要的不断增加,那么近些年来,在科学技术革命的条件下,由于脑力劳动作用的急剧提高,解决饮食的第二个方面的问题,即食物的质量问题则具有特殊意义。

饮食的质量问题在于口粮构成中缺乏完全蛋白质。这个问题涉及到占世界人口三分之二左右的居民,主要是亚洲、非洲和拉丁美洲发展中国家的居民,而且这方面的情况要比

热量不足的问题严重得多。造成饮食质量问题的原因，主要在于人们所摄取的植物蛋白是不完全的，因为就某些种氨基酸含量来说，其成分是不均衡的。蛋白质含有20种氨基酸，其中有八、九种是必需的，即人体必需从食物中取得的，而其余十几种则可以由人体本身来合成。蛋白质中必需的氨基酸的含量极少(同需要量相比)，然而它却决定着人体对其它各种氨基酸的利用程度，即决定着蛋白质的生理价值。从氨基酸的成分来看，动物蛋白更加符合人体对必需氨基酸的需要^[15—19]。这一点恰恰是畜牧业发展的原因之一，因为它可以提供比较完全的蛋白质——动物蛋白，其办法是用植物蛋白，其中包括不适于人类饮食的许多植物产品(如青草、干草、油饼等等)中所含有的蛋白质来饲养牲畜。

人体的蛋白质需要量平均每天为80—100克，其中包括动物蛋白50克^[15—17]。下面的资料是联合国粮农组织公布的世界发达国家和发展中国家的蛋白质日平均摄取量(表1)^[6]：

表1 工业发达国家和发展中国家的蛋白质摄取量

指 标	每人平均的蛋白质摄取量(克/日)		
	1961—1963年	1975年	1985年预测
发达国家			
蛋白质摄取总量	85.6	89.4	92.4
其中动物蛋白	45.3	50.6	54.6
发展中国家			
蛋白质摄取总量	54.8	61.3	67.1
其中动物蛋白	10.9	13.9	17.5

资料来源：[6]。

上表资料表明，在工业发达国家，蛋白质的平均摄取量大体上符合需要。但是，这里必须考虑到，在收入水平不同的各阶层居民之间，蛋白质分配上的差别和各个国家之间蛋白质生

产水平上的差异^[19]。而在发展中国家,蛋白质的摄取量远远低于最低的需要量。值得注意的是,这里所引证的数字并不能充分反映蛋白质不足的真实情况,因为在热量不足的条件下,首先要用相当数量的蛋白质弥补热量供应的不足。

缺乏蛋白质会影响人的体质,会降低集中精力从事大量智力活动和坚持紧张劳动的能力,使人过早地丧失记忆力,减弱抵抗传染病的能力。由此可见,这是关系到居民健康,有效地进行工作,发挥创造潜力和经济潜力的一个重要问题^[6—8, 20—22]。对成年人来说,由于口粮结构中缺乏蛋白质而引起的病症,也许还不致于造成严重的后果,因为一旦改换为均衡饮食,它就可以消除。但是蛋白质不足却严重地影响着儿童的发育,而儿童的蛋白质需要量又特别大。对儿童来说,缺乏蛋白质会造成无法补救的后果。在发展中国家4岁以下的儿童中,有50%得不到必要数量蛋白质^[8]。蛋白质营养不足导致大量儿童死亡(每年有500多万儿童死亡^[23]),妨碍儿童的智力发展和学习能力,甚至影响到儿童的品行^[6—13]。

由此可见,蛋白质不足不仅损害着当代人,而且也损害着以后几代人,限制着利用人力资源的可能,这个问题在发展中国家里尤为突出^[6—8, 13, 21]。

由此可见,蛋白质营养不良既能使成年人的工作能力下降和健康状况恶化,又能使儿童的智力发育水平和健康水平降低。当然,蛋白质短缺的问题对发达国家和发展中国家影响的深度是不同的。在工业发达国家里,虽然存在着低收入居民蛋白质营养不足的问题,但通常是热量的摄取量在减少,动物蛋白食品和高蛋白低热量的疗养食品的消费量在增加。在发展中国家里,则有20%以上的居民摄取的热量不

足，有60%以上的居民摄取的蛋白质不足，与此同时，按人口平均的食物产量还在不断下降^[24-35]。因此，在发达国家和发展中国家之间，食物摄取量上的差距不但没有缩小，反而迅速扩大。在人口爆炸性增长的条件下，这种趋势也不可能短期内改变^[8]。

根据计算，要消除蛋白质和热量不足的现象，需要在最近20—25年里把世界粮食产量增加两倍^[6-14]。

联合国发展和利用科学技术成果咨询委员会认为，“蛋白质问题正在走向危机阶段。目前全世界都感受到蛋白质短缺，解决这个问题既是保健方面也是科学技术方面的一项突出的课题。它应当成为各个国家的和国际上的中心课题。因为根据预测，在采取有效措施之前，蛋白质不足的问题势必会日益迅速地激化”^[6]。

现在我们来考察食物生产的工艺方面，并试图指出传统生产方法中影响蛋白质食物增产措施取得成效的一些原因。

虽然有了现代化的农业，并且在提高劳动生产率方面也取得了一些成就，可是至今农业生产大体上还是沿用早在原始社会时期形成的一般工艺过程^[36]。只是现代科学技术革命才为彻底改变食物生产方法创造出可能性。看来，这是由农产品的一些特点和传统食物生产方法固有的许多带有根本性的矛盾所造成的。首先需要指出的是，农业生产带有季节性，而产品又不易贮存。在贮存中食物的损耗率高达25%以上，在发展中国家这个指标特别高^[7]。而要通过快速的收割、运输和加工，以及有效的贮存农产品的办法来减少损耗，必须付出高昂的代价。这首先是因为，这里所谈的是大批量生产，它要求进行大量的投资和使用高效能的技术，而这

些技术又不可能经常使用，一年最多使用几个月，很不经济。贮存农产品的费用也很高，尤其是冷藏和空调贮藏的费用特别高。另外，考虑到产品入库的季节性，仓库的容量必须符合最大负荷的需要，因而它也不可能在全年得到充分的利用。

农产品在贮存、加工和制罐时需要进行一系列的物理化学处理（烘干、加热、低温冷冻、射线照射等等），需要加入大量的防腐剂、抗氧化剂以及其它加料。而这些处理和加料都会影响食品的感官性能、消费性能及食用价值。

这样，生产的季节性，产品的大量损耗，以及贮存和加工的高昂费用，就决定着价格的季节变动、产品的供应量和产品的质量。在产品大量过剩的条件下，收获时的损耗通常也要增加，产品的质量也要随着时间的拖长而降低〔6、7〕。

农业生产的另一个特点在于种植业产品、畜牧业产品的规格极不标准。由于农作物的生物特性、生长条件、收获条件、加工工艺、贮存条件和其它因素的不同，谷物和油料作物产品（以谷物、米类、面粉等形式生产的产品）的成分和食用价值也不一样〔37〕。肉类产品、奶类产品也是如此。例如，牲畜的品种、饲养条件、胴体部位、贮存条件、加工条件以及其它因素，都在很大程度上决定着肉的质量和成分〔38—40〕。传统产品的规格不标准导致产品的加工和贮存费用的增加，并要求使用大量的手工劳动和熟练专家。比如，在畜牧业中，需要有兽医检查，对不标准的产品进行分级、精选、品种鉴定。另外，从传统食物体系（食物原料、半成品）来说，其结构和成分的复杂性和有关参数的多变性，会增加管理制成品加工过程的困难，这就要求有熟练的技术人员参加管理。大量地使用手工劳动造成产品成本提高和质量下降。

用传统方法生产食物常常产生大量的下脚料。从成分上来说，或者是从人体的生理需要上来说，这些下脚料的价值往往不低于，有时甚至高于基本产品。例如，生产植物油、奶油、奶酪、淀粉的下脚料都是含有丰富蛋白质的产品（油渣饼、油粕、脱脂奶、乳清等等）。这些下脚料主要用作饲料（下文中还要谈到，这是一种低效率的利用方法），有时也用于工业生产上的需要。不言而喻，在完全蛋白质极端缺乏的条件下，这种现象是绝对不能容忍的。

传统食物生产工艺的另一个特点，在于它是一个多环节的食物链条，而在每个环节上都要消耗和损失一些食用物质，结果造成产品的产量低，成本高。在传统食物生产方式下，只有一小部分蛋白质直接以种植业产品的形式作为食品消费，而大部分则需要通过间接办法加工成为食品。用间接办法将蛋白质加工成为食品至少要经过三个环节，如种植业——畜牧业——食品，在每个环节上都有相当大的损耗。一般地说，在这种食物链条运行过程中，损失的蛋白质可以达到95%，糖类可以达到100%。关于几种不同畜产品生产饲料蛋白转化率的资料〔63、41—47〕见表2。

表2 几种产品生产饲料蛋白转化为动物蛋白的转化率

产 品		转 化 率 (%)	产 品		转 化 率 (%)
牛	肉	6—10	鱼	类	20
羊	肉	9	奶	类	23—38
猪	肉	12—15	蛋	类	25—31
兔	肉	17	肉 用 雏 鸡		31
禽	类	17			

资料来源：〔38、41、43、44〕。

在三环节食物链条中，饲料转化为食品的产出率为3—28%。