

合理食物结构的最优化模型及其应用*

张勇 朱岩

本文首先定义了合理食物结构的概念,确定了居民收入、市场供给、价格水平、营养需求和饮食习惯等影响合理食物结构系统的五大因素,并在此基础之上,建立了合理食物结构的数学最优化模型,利用此模型对全国平均、城镇居民和农村居民三种情形的现行食物消费与膳食营养进行定量优化研究,给出了城乡居民目前条件下合理食物消费结构和所能达到的最佳营养水平,最后,提出了居民食物消费和膳食营养的政策建议。

张勇 1960年生,1986年毕业于哈尔滨工业大学应用数学系,获理学硕士学位,现为航空航天部710所系统工程部工程师。朱岩 1951年生,1981年毕业于河北师范大学数学系,获理学硕士学位,现为航空航天部技术经济研究室主任、高级工程师。

食物结构的合理化问题关系到一个民族的素质与兴旺发达。当前,我国人民的食物消费开始由温饱型向小康型过渡,怎样进行正确引导,使之走上一条合理的适合我国国情的道路,既能保证人民营养水平、身体素质的不断提高,又能为我国的食物资源和生产能力所承受,是一个需要我们认真加以研究解决的重大课题。特别是当前我国食物供给与需求的矛盾日益突出,如何客观地评价我国人民的食物消费现状与存在的问题?我国目前与未来合理的食物结构是什么?应该怎样引导居民的食物消费使之趋向合理?我国目前与未来合理的营养水平能达到多高?等等一系列问题急待回答。

讨论合理的食物结构,首先要确定“合理”的标准。在这里,我们是以每人每天所需的营养即热量、蛋白质和脂肪的合理摄入量作为“合理”的标准。依据中国营养学会推荐的营养标准,并考虑到我国城乡居民由于收入水平的差距带来的消费水平的不同,这三项营养每人每天摄入量为:热量2400千卡~2600千卡,蛋白质70克~75克,脂肪占总热量的20~25%为宜,不应超过30%。

由于食物消费结构受居民收入水平、市场供给水平、价格水平、营养需求和饮食习惯等因素的影响,因此,在研究合理的食物结构时必须考虑这些因素。

一、合理食物结构的数学模型

设参数符号 $S\alpha$ 、 $S\beta$ 和 $S\gamma$ 分别代表营养标准中的热量、蛋白质和脂肪,单位分别为千卡、克、克。设 α_i 、 β_i 、 γ_i 、 P_i 、 W_i 、 ϵ_i 和 C_i ($i=1, 2, \dots, n$) 分别代表第*i*类食物的热量、蛋白质、脂肪营养成分系数及其价格、市场最大供给量、最小消费下限和该项食物消费额占食物总消费额的比重,其单位分别为千卡/斤、克/斤、克/斤、元/公斤、公斤/人、公斤/人和%。 Y 代表食物支出总额,单位为元/人。

则向量 $\vec{C} = (C_1, C_2, \dots, C_n)$ 就是以支出比重表示的食物消费结构。令所有可能的食物

*本文为国家科委委托的《我国食物结构系统合理化研究》课题的成果之一。

结构的全体为 Ω ，我们所要寻找的合理食物结构 $C_{\text{合理}} \in \Omega$ 。所谓合理食物结构，是由 $C_{\text{合理}}$ 所代表的居民食物消费结构能最好地满足人体对营养的需求，即达到或接近所给的营养目标 $(S_\alpha, S_\beta, S_\gamma)$ ，同时该合理食物结构又能为居民收入消费水平（这里的食物消费总支出 Y 表示了收入水平，因为 Y 与收入之间具有较好的正相关关系）、食物价格水平、市场供给水平和饮食习惯所允许。

依据上述对食物结构系统的分析以及关于合理食物结构的定义，将影响系统的诸因素模型化，即给出一种定量寻找和确定居民合理食物结构的可操作性方法，是一项有意义的工作。下述非线性数学优化模型将能帮助我们达到这样的目的：

我们设：

$$J = \left(\sum_{i=1}^n \frac{Y C_i}{P_i} \alpha_i - S_\alpha \right)^2 / S_\alpha^2 + \left(\sum_{i=1}^n \frac{Y C_i}{P_i} \beta_i - S_\beta \right)^2 / S_\beta^2 + \left(\sum_{i=1}^n \frac{Y C_i}{P_i} \gamma_i - S_\gamma \right)^2 / S_\gamma^2$$

其中满足：

$$0 \leq \varepsilon_i \leq C_i \leq 1, \quad \sum_{i=1}^n C_i = 1, \quad 0 \leq \frac{Y C_i}{P_i} \leq W_i \quad \left(\frac{Y C_i}{P_i} \text{ 为第 } i \text{ 类食物消费量} \right) \text{ 求：} \rightarrow \begin{matrix} \text{Min } J \\ C \in \Omega \end{matrix}$$

则使得 J 最小的 $C_{\text{合理}} = (C_1, C_2, \dots, C_n)$ 显然就是我们要寻找的在给定收入水平、价格体系、市场供给和饮食习惯（这里指下限约束 ε ）条件下，按照营养最佳摄取意义下的合理食物结构。根据营养学家的建议，这里我们只突出了热量、蛋白质和脂肪三项营养指标，从模型的结构形式可知它对指标个数是没有限制的，从技术处理上看，只需在目标函数 J 上加以扩充。

不难看出，如果考虑参数随时间 t 的变化，则合理食物结构的动态函数形式应为：

$$\vec{C}(t) = f[Y(t), \vec{P}(t), \vec{W}(t), \vec{\varepsilon}(t), S_\alpha, S_\beta, S_\gamma]$$

因此，利用上述模型可以求解在现有收入水平、价格体系、食物供给及饮食行为在内的最优食物结构；也可以求得在预测收入消费水平、价格结构和食物供给等条件下的最优食物结构；还可以通过变动价格 \vec{P} 来引导和调整食物结构，使其合理化。特别是在无供给约束 \vec{W} 条件下的优化食物结构，可以认为是在不考虑食物供给不足情况下的合理食物“需求”结构，它可以为我国农业生产的合理安排和食物供给的结构和总量合理化提供目标。

下面我们将上述模型应用于1989年全国平均、城镇居民和农村居民三种情形的研究。

二、全国平均食物消费结构优化分析

1. 参数选择

营养标准 $(S_\alpha, S_\beta, S_\gamma) = (2600, 75, 65)$

人均年食物支出 Y 由表1中1989年实际食物消费量乘以附录2中价格 \vec{P} 相加而得为427.46元。

1989年食物价格选用附录2中当年各项食物零售混合平均价 \vec{P} 。

食物最大供给上限 $W_i = (\text{生产量} + \text{进口} - \text{出口}) / \text{人口数}$ 。

2. 几种不同情形的优化说明

A. 优化 (A) 是在不加供给约束 W 和下限约束 ϵ 的情况下, 利用上述模型进行的优化。

B. 优化 (B) 也是在无供给约束 W 情况下的优化, 并将优化 (A) 中结果为零的某些项, 根据实际消费的需要加上了消费下限约束 ϵ , 但不加供给约束 W 的优化结果。其目的是要考查一下在一定的收入水平和食物价格体系下, 对于给定的营养目标而言, 所能形成的达到合理食物供给水平的需求状况, 从而为农业生产的合理布局 and 食物供给的合理化提供决策的参考依据。

C. 优化 (C) 是在优化 (B) 的基础上加上供给约束 W 的优化情形。带有供给约束的优化能较确切地反映出在当时收入水平、价格体系和供给状况条件下, 通过合理地调整食物结构所能达到的“最佳”食物结构及其所对应的营养水平。

3. 优化结果及初步分析

表1给出了全国1989年人均食物消费结构的优化结果。首先看优化(A), 从整体上讲, 即使是在供给可以充分满足的条件下, 从营养需求的角度看, 优化合理食物“需求”结构与实际消费结构相比, 植物性食物中除水果和植物油略有增加外, 其它项均有不同程度的下降, 特别是食糖下降至零。动物性食物中除猪肉和水产品下降外, 其它项均有不同程度的上升, 上升幅度最大的是牛羊肉和奶类分别为524.38%和204.08%。食物结构中各种食物升降变化原因在于实际营养水平与营养目标的差距、食物营养成份系数和价格水平即营养价格比系数^①的大小。各项食物的调整依据营养指标均等性和单位成本获取营养最大化的准则, 在固定

① 营养价格比系数的定义及其经济含义

首先定义如下六个指标系数:

(1) 热量营养价格比系数: $SA_i = \alpha_i / P_i$

(2) 蛋白质营养价格比系数: $SB_i = \beta_i / P_i$

(3) 脂肪营养价格比系数: $SC_i = \gamma_i / P_i$

(4) 热量平均营养价格比系数: $SA = \sum_{i=1}^n SA_i \cdot C_i = \sum_{i=1}^n \frac{\alpha_i}{P_i} C_i$

(5) 蛋白质平均营养价格比系数: $SB = \sum_{i=1}^n SB_i \cdot C_i = \sum_{i=1}^n \frac{\beta_i}{P_i} C_i$

(6) 脂肪平均营养价格比系数: $SC = \sum_{i=1}^n SC_i \cdot C_i = \sum_{i=1}^n \frac{\gamma_i}{P_i} C_i$

其中 α_i 、 β_i 、 γ_i 、 P_i 和 C_i 分别为第 i 类食物的热量、蛋白质、脂肪营养成份系数及其价格和该项食物消费额占食物总消费额的比重 (附录1), 单位分别为: α_i : 千卡/斤, β_i : 克/斤, γ_i : 克/斤, P_i : 元/公斤, C_i : %。

显然: SA_i : 千卡/元, SB_i : 克/元, SC_i : 克/元。由定义知 SA_i 、 SB_i 、 SC_i 的单位分别与 SA 、 SB 、 SC 相同。由定义知 SA_i 、 SB_i 、 SC_i 具有很好的经济意义, 它们分别表示在食物价格体系 P_i ($i=1, \dots, n$) 下, 用一元钱购买第 i 项食物所得到的热量、蛋白质和脂肪的数量。以后我们统称 SA_i 、 SB_i 、 SC_i 为营养价格比系数。营养价格比越低, 说明该项食物的营养越“昂贵”, 即购买单位该项食物的营养所花的费用越大。反之营养价格比越高, 说明该项食物的营养越“廉价”, 即购买单位该项食物的营养所花费用越小。同理 SA 、 SB 、 SC 也具有很强的经济含义, 加权系数 C_i 实际上代表了某种特定的消费倾向。以后我们把 SA 、 SB 、 SC 统称为平均营养价格比系数, 他们表示对消费结构 C_i , 平均支出一元钱所购买到的热量、蛋白质和脂肪数量。因此, 如果知道居民在某一段时间内的食物支出总费用, 那么乘以平均营养价格比系数, 就可以大概估算在这段时间里所获得的营养数。

支出条件下,力争最大可能地均衡获取各项营养成份。从表2实际营养水平可知,优化(A)的目地是要降低热量和脂肪并保持蛋白质总水平基本稳定。食糖下降为零的原因是由于它只提供热量,对于改善原有食物结构的不合理营养结构无益;牛羊肉和奶类的大幅度上升,则表明在现行价格水平下,这两种食物对于进一步满足人体的营养需求特别是蛋白质和脂肪的需求,具有低热量、高质量蛋白、各项营养指标相对均等且营养价格适中等优点。而水产品和猪肉的营养指标均等性及营养价格比系数则显得相对差一些,因此呈略微下降趋势。粮食下降的重要原因是由于它是各项食物中提供热量最多的一项。因为,若想降低热量,减少粮食消费量,它是首选方案。至于蔬菜的下降主要是由于它的营养价格比系数偏低,对于改善实际消费中脂肪不足的作用很小。所以,同其它下降的食物消费一样,将钱大部份转向消费动物性食物以便最大限度地改善营养状况。

下面我们再看一下优化结果(B),优化(B)是将优化(A)的食糖项根据实际饮食习惯和需求,加上人均最低年消费6公斤的下限约束后得出的结果。食糖消费量基本稳定在所给下限约束上,其它食物消费量有升有降,但由于增加的这6公斤食糖消费额占食物总支出的比重很小,因此其它食物升降的幅度不大,大约在1公斤左右浮动。当然不同食物升降原因及浮动幅度大小同优化(A)中的分析类似,主要取决于其价格水平和营养价格比系数。

无论优化(A)和(B),都是只考虑居民收入水平及食物价格体系在市场供给无限大的前提假设之下给出的,并没有将市

场食物供给能力考虑在内。为此,我们设计了优化(C),即在优化(A)、(B)的基础上考虑市场供给状况,将食物人均供给量加上供给上限约束 \vec{W} ,优化结果表明,动物性食物已全部达到了供给约束的上限水平,食糖仍基本稳定在下限约束上,粮食保持在215公斤左右,蔬菜下降至人均每天半斤左右的水平。

总的来看,当我们考虑了实际的食物供给能力时,在现行的收入水平和价格体系下,平均来看我国居民的食物结构没有多大的调整余地,即在现在的生产能力下,从宏观上看居民在食物消费上没有很大的选择余地,这也就是说现阶段食物的生产能力是决定我国居民食物结构的主要因素。

表1 1989年全国人均食物结构优化结果

单位:公斤

项 目	实 际 消费量	无供给约束 \vec{W}		带供给约束 \vec{W}		供 给 约束 \vec{W}
		优化(A)	优化(B)	优化(C)	优化(C)	
粮 食	242.29	215.87	216.54	215.3	375.54	
蔬 菜	158.35	104.01	104.65	91.25	158.35	
水 果	16.48	22.95	23.60	15.0	16.48	
猪 肉	15.56	14.60	14.24	19.09	19.09	
植 物 油	5.42	6.12	6.19	4.5	5.58	
食 糖	4.99	0	6.15	4.5	7.30	
奶 类	3.92	11.92	12.51	3.92	3.92	
蛋 类	5.95	6.62	6.33	6.47	6.47	
水 产 品	6.26	4.52	3.95	10.36	10.36	
牛 羊 肉	1.60	9.99	9.11	1.83	1.83	
家 禽	1.79	2.31	1.56	2.63	2.63	

注:1.实际消费量数字来自《中国统计年鉴1990》,粮食是贸易粮。

2.食物进出口只考虑食糖和植物油,其它数量很小忽略不计。

下面我们在上述食物结构优化的基础上进一步分析优化后食物结构所对应的营养状况。

(见表2)三种情形优化结果所对应的营养状况几乎没有什么差别,但都比实际消费时的营养总体更加接近营养标准。其中热量下降,但比标准的2600千卡还多100多千卡,脂肪则基本达到营养标准的水平,蛋白质比实际消费水平下降5克达不到标准。经优化后蛋白质无法达标的主要原因

表2 1989年全国人均优化合理食物结构的营养状况

项 目	热量(千卡)	蛋白质(克)	脂肪(克)
实际消费	2970.48	75.97	60.34
优化(A)	2711.25	71.52	64.16
优化(B)	2770.59	70.93	63.16
优化(C)	2711.8	69.81	62.11
营养目标	2600	75	65

原因是现阶段的收入水平较低。在现行价格体系下,即使动物性食物的供给足够充分,居民也没有足够的钱去消费。这一点优化(A)给出了证明。由于动物性食物价格相对粮食等植物性食物价格偏高,使得高蛋白低热量的动物性食物的营养价格比系数偏低,说明这类食物其营养(主要指蛋白质)“昂贵”。由于目前的收入水平不足以购买足够多的现行价格下的动物性食品,所以蛋白质的主要来源是以粮食为主的植物性食物。但由于受热量2600千卡的约束,粮食所提供的营养在达到一定程度后,粮食的消费将不会上升。而消费其它动物性食物又要花费较多的钱。所以,结果是热量与脂肪的摄入量可以达标而蛋白质无法满足。

从以上分析可知,1989年全国城乡居民在现有收入水平、价格体系、以及市场食物供给状况下,平均每人每天所能达到的最佳营养水平是热量2700~2800千卡,蛋白质70克左右,脂肪62克左右。

优化(C)给出了在目前条件下,我国居民食物结构合理化的明确答案,这一结构是在目前城乡居民的收入水平,市场条件(包括价格和供给)并考虑了一些饮食习惯后,以营养标准为合理目标选择出来的。由于我国城乡居民的收入水平和消费水平差距较大,笼统地说全国平均的合理食物结构对指导人们的日常饮食行为并无实践上的意义。但这一结构的确定,却可以从最大限度地满足我国居民目前条件下的营养需求的角度来指导食物的生产和供给,为食物生产提供结构和总量上的合理目标,实现食物资源的最佳配置。

三、城镇居民食物消费结构优化分析

1989年城镇居民食物总支出(扣除烟酒茶费用)为年人均591.45元(见《中国统计年鉴1990》第300页)。其中有103.29元的食物支出没有食物名称,这反映出城镇居民随着收入水平的提高,消费方式趋于多样化,外食化消费占食物总消费的比重逐渐增大的特点。这种情形在农村居民食物消费中还不明显。因此我们在优化中做了技术处理,即首先对表3中14项食物进行结构优化。为此,营养标准应减去103.29元食物消费额所提供的营养,剩余部分作为这14类食物消费优化的营养目标,最后还需将优化后的营养水平重新加上103.29元食物消费额对应的营养(见表4)。

1. 参数选择

城镇居民营养标准(S_a , S_p , S_f) = (2400, 70, 70), 那么城镇居民14类食物优化营养目标为: 热量: $2400 - 428 = 1972$ 千卡; 蛋白质: $70 - 10.98 = 59.02$ 克; 脂肪: $70 - 13.02$

= 56.98克。这里 (428, 10.98, 13.02) 是103.29元食物消费额提供的营养 (用平均营养价格比系数乘以103.29元)。

食物支出Y由表3中实际消费量乘以附录2中价格PV相加而得499.45元/人、年。

当年城镇居民食物消费的价格选用1989年城镇居民家庭收支调查资料 (见附录2)。

2. 优化结果及初步分析

表3给出了1989年城镇居民14类食物结构优化结果。这里优化 (A) 和优化 (B) 的处理也同上节全国人均食物结构优化 (A) 和优化 (B) 的处理相同, 即优化 (A) 是无约束情形而优化 (B) 是在优化 (A) 的基础上, 对某些项加上必要的下限约束 ϵ 。首先看优化 (A), 除植物性食物粮食和植物油上升以外, 其它项蔬菜、水果、食糖、糖果和糕点均有不同程度的下降。在动物性食物中猪肉、罐头 (考虑动物性罐头与植物性罐头加权后, 营养成份属动物型、暂把它规定为动物食品) 优化后呈下降趋势, 而其它动物性食物却呈上升趋势, 特别是奶类, 牛羊肉的变化幅度最大。优化后的食物结构为什么会发生这样大的变化呢? 我们只要分析一下这14类食物所提供的营养状况与我们所给定的优化营养目标之间的差别就会发现, 现行城镇居民的食物营养是热量略高于营养标准, 蛋白质缺7.15克, 脂肪超出4.55克, 因此食物结构优化的目标是要降低脂肪, 提高蛋白质, 而热量保持稳定。从食物营养成份上我们发现糖果、食糖均是只提供热量, 对蛋白质和脂肪无贡献。而水果也是对蛋白质和脂肪贡献相对较少的食物。这些食物消费量下降一方面可以较多地降低热量、另一方面又可以将支出转移到其它食物消费上去, 以增加蛋白质供给。而猪肉、罐头两项具有高热量、高脂肪, 但蛋白质相对较低的特点, 即它们的消费只能增加较多的热量和脂肪, 而对蛋白质贡献不大。因此食物结构优化的过程就首先降低这些食物的消费量并将其费用花在热量、脂肪、蛋白质比较均衡的动物性食物的消费上。当然价格因素在这里也起了一定的作用。那么为什么粮食的消费量上升了呢? 这主要是由于低蛋白质、高热量、高脂肪食物的下降, 使得能有较多的钱花在热量、蛋白质和脂肪比较均衡的动物性食物上, 即奶、水产品、蛋类、家禽和牛羊肉的消费量上升了。这样就使得总热量大大降低。这时又需要找到那种热量、蛋白质比较均衡而

表3 1989年城镇居民食物结构优化结果 单位: 公斤

项 目	实际消费量	无供给约束	
		优化 (A)	优化 (B)
粮 食	133.94	145.62	144.52
蔬 菜	147.65	130.26	129.85
水 果	41.72	25.57	25.94
猪 肉	17.53	11.43	10.88
植 物 油	6.16	6.14	6.54
食 糖	2.38	0	2.38
奶 类	4.24	11.02	11.79
蛋 类	7.05	9	8.88
水 产 品	7.61	10.08	9.74
牛 羊 肉	2.73	8.88	8.50
家 禽	3.65	5.33	4.58
糖 果	0.77	0.03	0.77
糕 点	3.50	1.67	1.63
罐 头	0.96	0.59	0.96

注: 1. 实际消费数字来自《1989年城镇居民家庭收支调查资料》。

2. 粮食是加工粮。

营养价格比又比较高的食物进行消费,使得能用少量的费用来抵消热量的下降,但又能适当增加蛋白质的食物,由上面分析,粮食具有这种作用,因此,它的消费量上升了一些。

优化结果(B)是将罐头的实际消费量0.96公斤/人年、食糖的实际消费2.38公斤/人年和糖果的人均消费量0.77公斤/人年分别作为优化(A)的下限约束的优化结果,从优化结果发现罐头、食糖和糖果三项均已达到下限边界上,其它项除家禽外变化不大。

综合以上分析我们可以知道,目前城镇居民食物结构调整的方向是降低脂肪摄入量、增加蛋白质摄入量。表现在食物品种上就是降低罐头、猪肉和糖的消费,增加高蛋白的非猪肉动物性食品的消费。表3中的优化(B)实际上是给出了目前条件下可供参考的城镇居民的合理食物结构。其中既考虑到了现行收入水平和食品价格的因素,又适当考虑了人们的饮食习惯,并以营养目标作为合理的标准。当然,在地域如此广大,人口如此众多的城镇居民中,简单地说某一结构是最佳的食物结构是不科学的。但将优化(A)和优化(B)结合起来看

表3确实能够为城镇居民的食物结构合理化提供明确的坐标,为日常的食物消费提供一个合理的方向,现在由表4看一下优化前后的营养状况变化情况。首先,优化后的营养结构与过去有了很大差别,与理想的营养目标相差无已,也就是说,对于目前收入水平和食物价格体系下的城镇居民来说,只要合理调整食物结构就可以达到理想的营养状态。这一点与前面的全国人均食物消费的优化结果不太一样。我们认为这主要是因为城镇居民的收入水平相对来说较高,因而它的食物结构调整余地也就大一些。从中也发现对动物性食物的生产

表4 1989年城镇居民优化合理食物结构的营养状况

项	目	热 量 (千卡)	蛋白质 (克)	脂肪 (克)
14类食物实际营养	(1)	2022.76	51.87	61.53
14类食物优化(A)营养	(2)	2047.65	57.55	56.37
14类食物优化(B)营养	(3)	2048.08	56.33	56.14
营 养 标 准	优化目标	(4)	1972	59.02
	103.29元营养	(5)	428	10.98
	合 计	(6)	2400	70
实际营养 [(1)+(5)]		(7)	2450.76	62.85
优化(A)营养 [(2)+(5)]		(8)	2475.65	68.53
优化(B)营养 [(3)+(5)]		(9)	2476.08	67.31

表5 1989年农村居民食物结构优化结果

单位:公斤

项	目	实际消费量	无供给约束 优化(A)	无供给约束 优化(B)
粮	食	262.0	266.66	266.84
蔬	菜	133.0	116.13	116.39
水	果	10.54	9.83	10.02
猪	肉	10.28	12.24	12.15
植	物 油	3.27	4.55	4.57
食	糖	1.54	0	1.54
奶	类	3.58	7.32	7.52
蛋	类	2.41	2.62	2.60
水	产 品	2.10	1.48	1.34
牛	羊 肉	0.72	0.73	0.46
家	禽	1.28	0.85	0.63

注:实际消费数字来自《中国统计年鉴1990》。粮食是原粮。

应适当增加除猪肉以外的其它动物性食物，同时注意发挥价格杠杆的作用，减轻猪肉需求的力，这不但有助于食物营养供给合理，而且可以提高动物性食物的饲料转化率，特别是在目前甚至在今后相当长的一段时间里，粮食问题始终是农业发展的紧迫问题，尤为重要。

四、农村居民食物结构优化分析

由前边分析可知，表5中11类食物的农村居民人均年消费量基本上可以代表农民的全部食物消费水平。对农村居民的食物结构与营养结构的现状优化，是指对这11类食物在食物支出费用 $Y = 289.58$ 元以及全国食物零售混合平均价下进行的。优化营养目标取为热量2400千卡，蛋白质70克，脂肪50克（考虑到农村居民实际脂肪太低，标准取值适当要低一些）。①

表5和表6给出了农村居民1989年食物结构与营养结构现状优化测算结果。优化（A）与优化（B）的区别同前。从优化结果（A）可以看出，在各项食物消费中粮食和植物油的消费量上升，蔬菜和水果的消费量下降了，而食糖则下降为零。动物性食物中除家禽和水产品下降外，其它均有不同程度的增加，但除奶类外增加幅度不大。食糖在优化中的变化规律与全国平均优化和城镇居民优化的情形类似。总的变动趋势很明显，即向增加脂肪，增加蛋白质的方向变动、向增加动物性食物的方面变动。从食物结构变动的幅度看，最大的是蔬菜，变动的方向是将钱转移到其它食物的消费上去。根据上面几个问题的优化结果看，也都具有将植物性食物的消费转移到动物性食物消费的普遍倾向。但由于农村居民的收入水平太低，所以在调整食物结构（这里指优化过程）中无法调节出足够多的钱去消费更多的相对贵一些的低热量、高蛋白、高脂肪的动物性食物。因此动物性食物中除价格相对便宜的奶类增加较多外，其余增加不多甚至下降，而粮食的消费量有了增加。

从农村居民食物结构现状优化结果还可以得出这样一个结论，即在现行收入水平和食物价格体系之下，即使是市场供给充分大，对动物性食物的需求压力虽然好象没有城镇居民大，但由于农村人口远远多于城镇人口，因此从宏观总量上看仍然不算小。优化（B）是将食糖项加上实际消费量作为最低下限约束后的计算结果。我们发现除食糖达到下限约束外，其它食物变化不大。这一变化趋势同上几个方案的优化结果一样。由此看来在目前收入水平和食物价格体系下，如果按营养最佳的意义消费的话，农村居民消费动物性食物也是有选择性的，这当然主要是由于其价格相对高了一些的缘故。

表6给出了与这两个食物结构优化结果相对应的营养状况，可以看出，除热量和脂肪可达到标准外，蛋白质仍达不到标准。这与城镇居民的情形是有较大差距的（特别是农村居民的脂肪标准远比城镇居民的为低）。这一结果告诉我们，在现行的收入水平和价格体系下，无

表6 1989年农村居民优化合理食物结构的营养状况

项 目	热量 (千卡)	蛋白质 (克)	脂肪 (克)
实际消费	2478.22	63.61	42.09
优 化(A)	2557.20	64.50	49.36
优 化(B)	2574.11	64.49	49.15
营养目标	2400	70	50

①本文是从总量上进行计算分析的，不涉及农村居民年内消费的均衡性问题。

论怎样调整食物结构,农村居民的营养状况也达不到理想的营养标准。我们也看到城镇居民食物结构合理化的目标是增加动物蛋白比重和降低脂肪摄入量,而农村居民的问题则是在总量上增加蛋白质和脂肪。一个是结构问题,一个是量的问题,因此,农村居民的营养状况比起城镇居民来看要相差许多的。这是我们在讨论我国居民的营养状况时必须给予特别关注的问题。

表5中的优化结果特别是优化(B),对于指导农村居民饮食行为的合理化(在营养状况最佳的意义下)是具有参考意义的。虽然这里由于技术上的原因无法将食物的供给考虑在优化过程中。但将优化(B)与现实消费和优化(A)联系起来看,该结构对于农村居民在现行的收入水平和价格体系下如何选择合理的食物结构,仍然是具有十分明确的指导意义。

五. 综合分析 with 政策建议

以上我们对我国城乡居民食物结构与营养结构进行了现状分析与定量优化研究,这里我们对此进行总结并提出相应的政策建议。希望通过我们的工作能给有关决策部门制订我国居民膳食消费与营养的合理化标准及有关的政策建议提供参考依据。

1. 第一层次分析

食物结构

全国平均:在目前食物供给条件下,优化结果与实际比较可调整余地不大。对动物性食物的需求均已达到最大供给能力。从营养角度看,糖的摄入量过高。若食物供给可以充分满足,则合理的食物结构向着全部动物性食物上升的方向变化。蔬菜和糖的消费均需下降。

城镇居民:在考虑供给可以充分满足的条件下,动物性食物优化后有升有降。奶类、牛羊肉增幅较大,猪肉、罐头需求下降,蛋类、家禽和水产品略有上升。植物性食物需求中粮食上升。糖及其制成品、糕点下降幅度很大。总地看,城镇居民食物结构调整的余地较大。

农村居民:优化后在假设供给充分满足的条件下,也将构成对一部分动物性食物的较大需求压力。除家禽和水产品以外的所有动物性食物均有不同程度的上升但幅度不大。植物性食物有升有降,上升的有粮食、植物油,下降的是蔬菜,水果和食糖。总地看,在现有收入水平下农村居民的食物结构仍可有一定的调整余地但很小。

营养结构

全国人均:热量和脂肪均可以较好达到或接近所给营养标准。但蛋白质仍不能达标。动物蛋白质占营养标准的比重最高可达17.73%,比实际有所提高,但仍未达到20%的水平。

城镇居民:热量、蛋白质、脂肪均可较好地达到或接近营养标准。其中动物蛋白质占营养标准的比重最高可达22%左右。

农村居民:热量和脂肪均可以较好达到或接近所给营养标准,但蛋白质达不到营养标准。动物性蛋白质所占所给标准的比重只能达到8.6%。

2. 第二层次分析

(1) 从全国人均来看,在目前的食物供给条件下,居民的食物结构向合理化转移的可能性不大,解决我国居民食物结构合理化问题的关键在于食物的供给数量和结构。

(2) 从全国来看,在现行我国居民收入水平和食物价格体系下,如果食物生产的供给系统能够提供充足的食物(包括数量和结构),则在营养标准意义下,我国居民的食物结构

可以达到较为理想的状况，但蛋白质仍然不足。

(3) 因此，在目前收入水平下增加蛋白质的可行办法就是增加大豆的供给。由于大豆及其制品相对价格较低，而其蛋白质含量丰富，从而使得居民能够在收入水平可承受的前提下，使蛋白质的摄入量达到理想状态。

(4) 对城镇居民而言，现行的食物结构中脂肪摄入量过多，是突出问题。在现行的收入水平和价格体系下，只要供给能满足，则可以通过选择合理食物结构而使其营养状况达到理想标准，各项营养指标均可实现。因此，对城镇居民而言，在现阶段合理地选择食物结构已具有现实意义。

(5) 对农村居民而言，由于受目前收入水平的限制，即使供给能够充分满足，也无法通过改变食物结构来达到较为理想的营养状况，也就是说，如果农民的收入水平不很快提高，就无法通过合理地调整食物结构来增加其营养水平。所以对农村居民来说，增加食物总量和增加收入比调整食物结构以实现合理营养状况更为迫切。

(6) 对于粮食消费，从营养标准来看，目前的水平已可满足。其中城镇居民的口粮（商品粮）每人每月25斤即可，再多无益。对于农村居民来说，目前的口粮消费基本是适宜的，从近几年的实际消费看，基本保持相对稳定。由于口粮目前仍然是我国城乡居民营养的主要来源（1989年粮食所提供的热量、蛋白质分别为80.23%和80.39%），因此保持粮食价格的相对稳定，进而保证城乡居民的粮食消费对11亿人口的生活和营养状况至关重要，尤其对农村和城镇生活较为困难的家庭更是如此。

(7) 对于动物性食物供给，在目前的收入水平下，不能满足营养需求，即由于供给不足，使得食物结构合理化不能有效地实现。若供给可以保证，则在现行的价格体系下，对猪肉的需求增加不大，主要是对其它动物性食物的需求压力。因此，在食物生产中应逐步适当降低猪肉的比重，尽快地增加其它动物性食物的生产。特别是对城镇居民而言，目前应降低猪肉的消费，增加其它动物性食物的消费。

(8) 从营养角度看，目前蔬菜、水果的供应已可满足需求，因此其生产与有效需求是较好地吻合的。

(9) 植物油的消费量，城镇居民过多，而农村居民偏低。糖的消费量总地看过高，但这主要是由于通过食品加工业消费所造成的，而不是直接对糖的食用所造成的。因此应适当地宣传使城镇居民节制对植物油的食用，同时减少对糖及其制品的消费，但对农村居民来说，还不存在这样的问题。

(10) 发挥市场调节作用，通过适当地改变现行的食物价格体系引导居民食物消费结构和生产者食物生产结构的合理转变。

(11) 最后我们给出当前我国城乡居民的合理食物结构，对于城镇居民而言，目前除应适当控制如食糖、糖果、糕点和罐头的消费以外，其它项食物消费量应参照表3优化B中给出的结果。对于农村居民而言，目前食物消费量应参照表5中优化B给出的结果。

(12) 建议成立国家和地方的食物与营养指导委员会，制订国家和地方食物消费与膳食营养的发展规划，利用价格、财政、金融和税收等宏观调控手段和政策，进一步加强国家从宏观上对食物的生产、消费和膳食营养的监督和指导作用。

附录1 食物营养成分表 千卡、克/斤

项 目	热 量 (千卡)	蛋 白 质 (克)	脂 肪 (克)
粮 食	1795	46	11.9
蔬 菜	90.0	5.7	0.8
水 果	218.0	3.1	1.2
猪 肉	2900	47.5	299
植 物 油	4500	0.0	500
食 糖	1888	2.3	0.0
奶 类	345.0	16.8	20.1
蛋 类	734.0	61.90	50.7
水 产 品	391	62.5	12.1
牛 羊 肉	1184.0	78.9	95.6
家 禽	202	35.7	6.2
糖 果	1888	2.3	0
糕 点	1886	36.5	56.2
罐 头	1729	39.55	136.38

注：数据来源，中国营养学会。

附录2 1989年城乡各项食物价格 元/公斤

项 目	P	PV	PR
粮 食	0.56	0.61	0.56
蔬 菜	0.51	0.60	0.51
水 果	0.44	1.29	0.44
猪 肉	5.40	5.99	5.40
植 物 油	3.36	3.13	3.36
食 糖	2.55	2.57	2.55
奶 类	0.52	1.03	0.52
蛋 类	4.87	4.60	4.87
水 产 品	6.02	5.02	6.02
牛 羊 肉	6.39	6.74	6.39
家 禽	6.26	7.12	6.26
糖 果	—	6.17	—
糕 点	—	4.32	—
罐 头	—	4.83	—

注1：P：全国零售混合平均价；PV：城镇居民食物价格。

PR：农村居民食物价格，用P近似代替。

注2：数据来源：《中国统计年鉴1990》；《1989年城镇居民家庭收支调查资料》；《1990年中国物价统计年鉴》。

欢迎订阅《科技发展与改革》杂志

《科技发展与改革》是国家科委领导下的全国第一家大型综合性科技月刊。主要宣传科技战略和发展趋势，发布重要文件、政策、法规，及时报道国内外最新科技成果和动态，开展技术成果推广、专利及技术转让、需求信息发布等多种服务。是读者跟踪科技发展、拓展知识视野、进行信息交流的重要窗口。本刊时代感强、信息量大、文风清新、形式活泼，欢迎各界朋友订阅。《科技发展与改革》杂志为16开、64页月刊，国内外公开发行，每期定价1.60元，全年订费19.20元。全国各地邮局均可办理订阅手续，订阅代号：82—404。如读者在当地邮局未订到本刊，也可直接向杂志社邮购；订费采用邮汇、银行信汇均可。邮汇地址：北京2837信箱、邮政编码：100044。联系人：何京，电话：8421113转3095，8422852，8422851

银行信汇：北京工商银行紫竹院分理处，帐号：892181—93。



知网查重限时 7折 最高可优惠 120元

本科定稿，硕博定稿，查重结果与学校一致

立即检测

免费论文查重: <http://www.paperyy.com>

3亿免费文献下载: <http://www.ixueshu.com>

超值论文自动降重: http://www.paperyy.com/reduce_repetition

PPT免费模版下载: <http://ppt.ixueshu.com>
