

DOI:10.13718/j.cnki.xsxb.2017.04.011

# 中国居民果蔬消费与营养发展的趋势预测及战略思考<sup>①</sup>

马 恋<sup>1</sup>, 陆智明<sup>2</sup>, 宋乃庆<sup>1</sup>

1. 西南大学 数学与统计学院, 重庆 400715; 2. 西南大学 园艺园林学院, 重庆 400715

**摘要:** 基于 28 种果蔬消费量的基础数据(2003—2013 年), 借助 R 统计分析软件, 采用等维灰数递补模型预测 2016—2020 年的果蔬消费量, 分析不同果蔬的消费发展趋势. 其次结合果蔬的消费量预测值估计我国居民未来 5 年膳食纤维、维生素和矿物质的摄入量, 测算结果与《中国居民膳食营养素参考摄入量(DRIs)》中的平均需要量(EAR)作比较, 结果显示, 所有营养素的摄入量都在逐年增加; 维生素 A, 抗坏血酸, 铁和镁等微量元素的摄入量已经比较充足; 维生素 E 和磷的摄入量逐渐达到合理范围; 核黄素、锌、钙的摄入量占 DRI 的 70%~80%; 纤维和硫胺素的摄入量占 DRI 的 60%~70%; 硒的摄入量不足 1/2DRI. 表明我国居民的膳食营养结构存在一定程度失衡, 在满足居民身体健康所需均衡营养的意义下, 提出果蔬产业和居民营养均衡协同发展的调整战略.

**关键词:** 果蔬消费; 营养; GM(1, 1); 等维灰数递补; 趋势预测; 中国居民

**中图分类号:** S609.9

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1000-5471(2017)04-0068-08

果蔬产业是中国种植业中仅次于粮食的第二大产业, 在农业经济发展中占据举足轻重的地位. 同时, 果蔬在保持营养均衡及预防慢性疾病和某些癌症等方面亦发挥着重要作用. 中华医学经典《黄帝内经》中提到“五果为助, 五菜为充”, 充分说明果蔬在膳食营养中的重要性. 有研究指出, 增加果蔬的消费能减少高血压、冠心病及中风等的风险<sup>[1]</sup>. 果蔬为人体提供的膳食纤维有助于降低心血管疾病和肥胖的发病率, 另外, 其丰富的维生素及矿物质等可作为人体内抗氧化剂、植物雌激素、抗炎药物等的来源<sup>[2]</sup>.

中国的果蔬产业蓬勃发展. 据国家统计局调查数据显示, 中国水果总产量由 2003 年的 14 517.40 万 t 增至 2014 年的 26 142.24 万 t; 同期内蔬菜产量也从 54 032.32 万 t 增至 76 005.48 万 t. 然多数中国居民存在偏食、喜食、饱食的饮食习惯, 导致人们对某些微量营养素摄入不足或摄入过多. 中国的果蔬消费在满足居民身体健康所需均衡营养的意义下, 近乎盲目无序.

目前, 同时考虑居民营养健康和果蔬消费生产的文献为数不多. 比如, 许世卫等<sup>[3]</sup>提出以营养健康为重点目标, 明确调整果蔬产业结构, 增加果蔬种类及种植规模. 李哲敏<sup>[4]</sup>通过中国城乡居民主要食物消费量预测了 2010 年、2015 年及 2020 年其分别对能量、蛋白质和脂肪的可能摄入值, 分析了营养发展趋势. 刘扬等<sup>[5]</sup>提出“富贵病”成为居民身体健康的重要杀手, 营养失衡与自身健康面临重大风险.

本文首先运用科学的统计方法预测我国果蔬的消费趋势. 一方面, 通过预测可以了解未来几年我国果蔬的消费量水平, 为果蔬种植者提供品种和数量的选择依据, 有效合理地统筹配置相关资源; 另一方面, 通过果蔬的消费量预估出我国居民在膳食纤维、维生素及矿物质等营养素的摄入量是否合理, 把握中国居民的营养健康发展趋势, 为国家科学规划果蔬的中长期种植模式和实现居民营养均衡长远发展均具有重要的战略意义.

① 收稿日期: 2015-10-21

基金项目: 重庆市研究生科研创新项目(CYS14051).

作者简介: 马 恋(1990-), 女, 重庆石柱人, 硕士研究生, 主要从事统计学研究.

## 1 等维灰数递补预测模型介绍

第一步:建立 GM(1, 1)灰色模型

不妨设数据序列  $x^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n))$  满足检验要求,对  $x^{(0)}$  作一次累加,生成新的序列记为  $x^{(1)} = (x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(n))$  其中  $x^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k x^{(0)}(i) = x^{(1)}(k-1) + x^{(0)}(k), k = 1, 2, \dots, n.$

对  $x^{(1)}$  建立 GM(1, 1) 模型相应的微分方程为

$$\frac{dx^{(1)}(t)}{dt} + \alpha x^{(1)}(t) = \mu \quad (1)$$

其中  $\alpha$  为发展系数,  $\mu$  为灰作用量,  $\alpha$  与  $\mu$  可用最小二乘法求解,即

$$\begin{bmatrix} \alpha \\ \mu \end{bmatrix} = (B^T B)^{-1} B^T Z_n \quad (2)$$

构造向量  $Z_n$  和矩阵  $B$  分别为

$$Z_n = \begin{bmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ \vdots \\ x^{(0)}(n) \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} -0.5(x^{(1)}(1) + x^{(1)}(2)), & 1 \\ -0.5(x^{(1)}(2) + x^{(1)}(3)), & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -0.5(x^{(1)}(n-1) + x^{(1)}(n)), & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

解上述微分方程对应的时间响应函数,即预测模型为

$$\hat{x}^{(1)}(t+1) = \left[ x^{(0)}(1) - \frac{\mu}{\alpha} \right] e^{-\alpha t} + \frac{\mu}{\alpha}, t = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

累减后得到原始数据的还原值为

$$\hat{x}^{(0)}(t+1) = \hat{x}^{(1)}(t+1) - \hat{x}^{(1)}(t), t = 1, 2, \dots, n. \text{ 规定 } \hat{x}^{(0)}(1) = x^{(0)}(1) \quad (5)$$

第二步:模型的精度检验,包括残差检验和后验差检验

$$q(t) = \frac{\epsilon^{(0)}(t)}{x^{(0)}(t)} \times 100\% \quad (6)$$

$q(t)$  越小,表示预测模型的精度越高.后验差检验包含两个指标:方差比  $C$  和小误差概率  $P$ .设  $S_1$  为原始数据序列  $x^{(0)}$  的均方差,设  $S_2$  为残差序列  $\epsilon^{(0)}$  的均方差,则方差比为

$$C = \frac{S_2}{S_1} \quad (7)$$

方差比越小,模型精度越高,表明建立的模型拟合度越高.小误差概率为

$$P = p\{|\epsilon^{(0)}(i) - \bar{\epsilon}^{(0)}| < 0.674 5S_1\} \quad (8)$$

这里指标  $P$  越大越好,  $P$  越大,说明残差与残差平均值之差小于给定值  $0.674 5S_1$  的点越多,即拟合值分布较均匀.后验残差检验模型精度等级表如表 1.

表 1 GM(1, 1)模型预测精度检验的标准

模型精度等级	小误差概率 $P$	方差比 $C$
一级(好)	$P > 0.95$	$C < 0.35$
二级(合格)	$P > 0.80$	$C < 0.50$
三级(勉强合格)	$P > 0.70$	$C < 0.65$
四级(不合格)	$P \leq 0.70$	$C \geq 0.65$

第三步:等维灰数递补预测处理

由于 GM(1, 1)模型所预测的数据随着时间的推移,其误差就越大.因此为了弥补 GM(1, 1)模型的这种缺陷,采用等维灰数递补处理,即将 GM(1, 1)预测出来的第一个值补充到原始数据序列之后,同时去掉原始数据序列中的第一个数据,预测下一个值.据此逐个预测,依次递补,直到完成预测目标<sup>[6]</sup>.

## 2 研究对象、方法及数据说明

### 2.1 研究对象的选取

由于中国农业部种植业管理司、国家统计局及世界粮农组织等公布的数据都不完整,且品种和口径不一致.对中国居民果蔬消费这样的宏观问题,我们不可能收集全部数据,适宜的做法是选取具有代表性的主要蔬菜和水果品种予以研究.

#### 2.1.1 主要果蔬的选取

所选 11 种水果的总产量超过水果总量的 90%.但因我国蔬菜品种多达 90 余种,很难全面覆盖,故选 17 种蔬菜,总产量为蔬菜总量的 70%左右.这 28 种果蔬在产量和营养成分质量分数上均具有代表性,满足研究的需要.所选主要水果有柑橘、苹果、梨、葡萄、草莓、香蕉、桃、甜瓜、西瓜、菠萝、柠檬.主要蔬菜有黄瓜、卷心菜(甘蓝)、土豆、胡萝卜、番茄、茄子、辣椒、洋葱、大蒜、蘑菇、菜花、生菜、南瓜、菠菜、甜菜、芦笋、豆类.

#### 2.1.2 主要营养素的选取

水果和蔬菜主要为人体提供维生素、矿物质和膳食纤维.尽管膳食纤维并非营养素,但因其对人体的重要作用,也被考虑在内.故所选营养素有膳食纤维,维生素 A,硫胺素,核黄素,抗坏血酸,维生素 E,钙,铁,磷,镁,锌,硒.

### 2.2 研究方法简要介绍

国内外专家对膳食营养素测算的方法主要有两种:一是开展营养调查;二是通过计算.目前部分国内专家学者在主要食物营养成分表的基础上,结合主要食物的消费量来测算居民的营养水平<sup>[7]</sup>.因此本文借鉴中国农业科学信息研究所食物与营养室编制的《中国居民主要食物消费量与营养素转换系统》的计算方法和思想,首先通过等维灰数递补预测模型算出 2016—2020 年我国主要果蔬的消费量,结合《2002 年中国食物成分表》<sup>[8]</sup>,进而估算出未来 5 年居民对维生素、矿物质、膳食纤维的人均日摄入量,并与 2013 年中国营养学会修订的《中国居民 DRIs》中提供的维生素和矿物质的平均需要量(EAR)比较,评估我国人群营养素摄入是否适宜.

### 2.3 数据来源及处理

考虑到数据的权威性与可获得性,本文数据(如无特别说明)均来源于世界粮农组织(FAO)官方网站.由于绝大多数水果和蔬菜的消费量很难直接获得,因此本文收集整理 28 种主要果蔬来源 2003—2013 年的产量数据,通过对每种果蔬的损耗率<sup>[9]</sup>作简单的数学处理得到近似的消费量.

由于《中国居民 DRIs》中提供的维生素和矿物质的平均需要量(EAR)是分年龄段的,为便于比较,本文用各个年龄段的人口比例作为权重,计算出一个综合评价指标值.

## 3 中国居民的果蔬消费量与营养发展趋势预测分析

### 3.1 模型应用举例:以柑橘和黄瓜为例说明

在 17 种蔬菜和 11 种水果中各选取 1 种为例解释模型的应用(表 2).根据柑橘预测模型,由图 1 知真实值和预测值的拟合程度非常好,柑橘预测模型的平均相对误差为 0.67%.由图 2 亦可知柑橘预测模型的相对误差较小,模型预测精度为一级,因此对柑橘的基础数据采用等维 GM(1,1)模型效果比较理想;黄瓜预测模型的准确性更高,因为其平均相对误差仅为 0.04%(图 3).图 4 也反映了这一点,原始值与拟合值的吻合程度也比较高,方差比  $c$  值很小,为 0.097,小误差概率  $P$  值为 1.其它果蔬的消费量也照此法预测,并检验模型精度,均符合要求.

表 2 以柑橘和黄瓜为例应用 GM(1,1)模型及其检验结果

模 型	平均相对误差/%	后验差检验		
		精度等级	$C$	$P$
柑橘 $\hat{x}^{(1)}(t+1)=118\ 041\ 736.28e^{0.088\ 685\ 1t}-107\ 826\ 528.28$	0.67	一级	0.132	1
黄瓜 $\hat{x}^{(1)}(t+1)=396\ 621\ 691.79e^{0.071\ 796t}-369\ 262\ 985.79$	0.04	一级	0.097	1

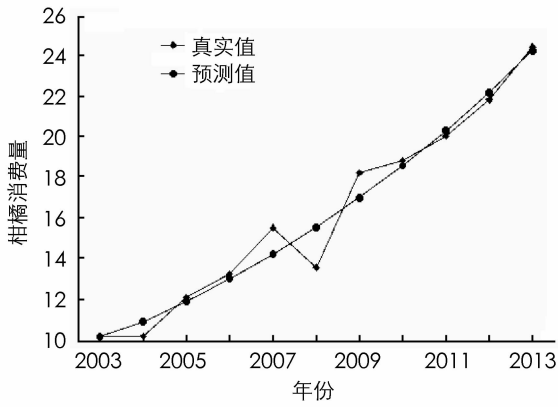


图 1 柑橘消费量的真实值与预测值(10<sup>6</sup>t)

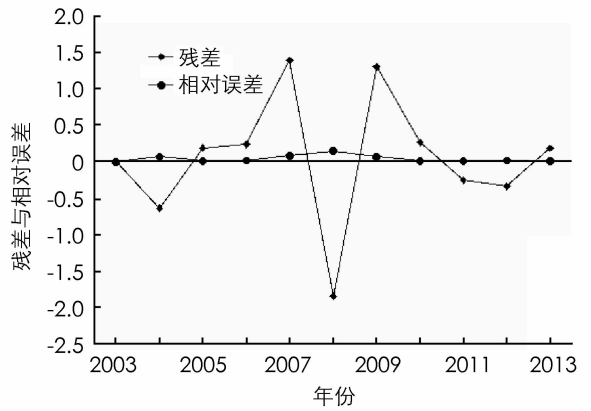


图 2 柑橘预测的残差与相对误差

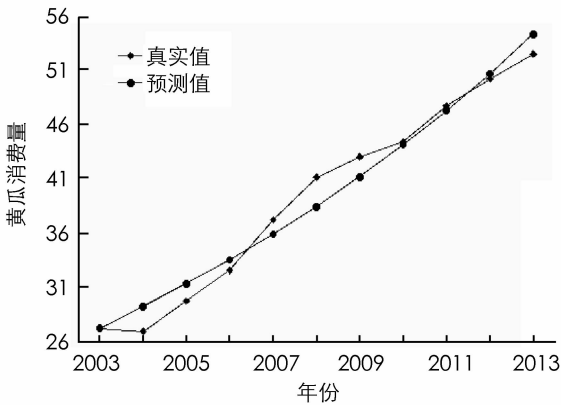


图 3 黄瓜消费量的真实值与预测值(10<sup>6</sup>t)

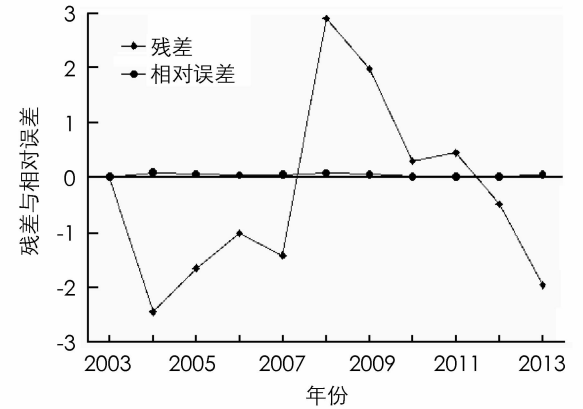


图 4 黄瓜预测的残差与相对误差

### 3.2 主要果蔬消费量的预测结果分析

根据 3.1 中的预测模型,可以得到 2016—2020 年我国主要果蔬的消费量.表 3 显示,未来 5 年,主要水果的消费量总体呈上升趋势,但甜瓜的平均增长率非常低,仅为 0.63%,即每年消费量保持平稳,平均增幅最大的是葡萄,为 10.18%,紧随其后的是香蕉、柑橘、草莓和苹果,平均增长率均在 7% 以上,这几种常见水果增幅相对较快,可能因为近年来人们逐渐意识到水果对营养健康的重要性.西瓜的消费量最高,远远高于其它水果.其次苹果和柑橘类水果的消费量大抵相当.梨、香蕉、葡萄、桃和甜瓜的消费量比较接近,消费量最低的是菠萝和柠檬,且柠檬每年的消费量都最低,但自 2017 年之后柠檬的消费量在不断上升.

表 3 2016—2020 年我国主要水果消费量预测值

主要水果	2016 年/t	2017 年/t	2018 年/t	2019 年/t	2020 年/t	年均增长率/%
柑橘	31 403 999	34 228 956	37 626 035	40 579 512	44 413 758	9.05
苹果	34 305 106	36 861 310	39 910 996	42 124 227	45 175 255	7.13
梨	14 742 171	15 697 054	16 883 646	17 645 569	18 760 048	6.22
葡萄	10 499 017	11 616 276	12 916 912	14 038 450	15 469 041	10.18
草莓	2 497 661	2 739 649	3 014 041	3 220 050	3 474 721	8.61
香蕉	11 291 416	12 354 833	13 668 454	14 697 445	16 032 783	9.17
桃	10 088 988	10 684 807	11 452 942	11 924 626	12 659 356	5.84
甜瓜	11 061 174	11 241 508	11 554 268	11 587 238	11 335 494	0.63
西瓜	54 903 886	57 281 372	60 161 242	60 780 512	62 738 724	3.40
菠萝	1 367 453	1 449 005	1 545 224	1 590 150	1 671 453	5.16
柠檬	1 634 194	1 256 982	1 266 415	1 278 425	1 424 956	-2.48

由表 4 知,未来 5 年,土豆的消费量仍然位居榜首,且明显高于其他 16 种蔬菜,呈上升趋势,平均增长率为 5.69%.黄瓜和番茄的消费量次之,依然保持增长态势,平均增长率分别为 6.57% 和 5.14%.茄

子、卷心菜(甘蓝)和菠菜的消费量明显低于黄瓜和番茄,卷心菜的增长率最低,为 0.43%,即基本保持不变.消费量增长最快的是蘑菇,其平均增长率为 9.75%,可能是由于蘑菇含有极丰富的营养素,但蘑菇的总量不高,在 17 种蔬菜中位居倒数第三.南瓜的消费量最低,其次是芦笋,二者的消费量比较接近,且平均增长率也几乎一致,都在 2.5%左右,与此同时,菜花和辣椒的平均增长率也在 2.5%左右.总体而言,17 种蔬菜的消费量随着时间的推移处于稳定缓慢增长态势,表明鲜少有蔬菜呈显著增长态势,这与我国短期内的经济和综合国力的发展比较吻合,也说明人们对常见蔬菜的偏好程度大体不变.

表 4 2016—2020 年我国主要蔬菜消费量预测值

主要蔬菜	2016 年/t	2017 年/t	2018 年/t	2019 年/t	2020 年/t	年均增长率/%
黄瓜	68 332 179	72 374 565	77 027 778	82 392 282	88 131 993	6.57
卷心菜	32 104 867	32 429 801	32 562 033	32 723 574	32 653 256	0.43
土豆	116 675 598	122 771 013	129 994 236	137 856 883	145 573 221	5.69
胡萝卜	21 683 087	22 677 873	23 704 443	25 186 259	26 754 575	5.40
番茄	63 327 958	66 392 964	69 576 126	73 038 428	77 374 700	5.14
茄子	35 493 910	36 767 206	38 549 461	40 525 132	42 887 857	4.85
辣椒	17 544 913	17 925 914	18 424 038	18 927 593	19 421 636	2.57
洋葱	24 134 721	24 510 521	24 992 687	25 472 953	25 927 146	1.81
大蒜	23 885 353	24 277 367	25 203 747	26 574 711	27 930 142	4.00
蘑菇	9 074 587	9 933 989	10 885 993	12 011 325	13 167 827	9.75
菜花	10 076 172	10 314 385	10 572 405	10 837 231	11 096 698	2.44
生菜	15 195 579	15 548 451	15 909 717	16 312 567	16 743 006	2.45
南瓜	7 798 825	7 990 328	8 206 353	8 410 181	8 611 703	2.51
菠菜	26 485 958	28 046 628	29 638 299	31 642 549	33 829 993	6.31
甜菜	11 968 302	12 283 056	12 806 467	13 607 571	13 791 280	3.62
芦笋	7 890 033	8 101 392	8 317 957	8 524 578	8 722 753	2.54
豆类	19 639 418	20 415 438	21 280 927	22 298 578	23 327 525	4.40

综合表 3 和表 4 知,未来 5 年我国主要水果和蔬菜的消费量基本都在增加,表明人们对水果和蔬菜的需求量将会持续加大,随着人们营养健康意识的增强,我国果蔬业的发展将会更加受到关注.

### 3.3 膳食纤维、维生素和矿物质的摄入量预测值的评价分析

#### 3.3.1 膳食纤维摄入状况评价

最新版本的营养素参考摄入标准中首次提出“植物非营养素对人体的作用”.膳食纤维就是对人体大有裨益的一种非营养素,主要源于蔬菜.由表 5 知,膳食纤维的人均日摄入量增加了 20.68%.但未来 5 年的平均日摄入量为 22.62 g/d,占 DRI 的 67.48%.表明膳食纤维的摄入量还很缺乏,有待进一步调整.

#### 3.3.2 维生素摄入状况评价

维生素 A( $V_A$ ):未来 5 年人均  $V_A$  日摄入量 1 278.31  $\mu\text{g}/\text{d}$ ,占 DRI 的 261.89%.表明人均  $V_A$  的日摄入量十分充足.

硫胺素( $V_{B_1}$ ): $V_{B_1}$  从 2016 年的 0.65 mg/d 到 2020 年的 0.78 mg/d,增长了 20.10%.未来 5 年人均  $V_{B_1}$  摄入量为 0.71 mg/d,占 DRI 的 68.03%.表明人均  $V_{B_1}$  的摄入量还很缺乏.

核黄素( $V_{B_2}$ ): $V_{B_2}$  从 2016 年的 0.77 mg/d 增长到 2020 年的 0.96 mg/d,增加 24.68%.未来 5 年人均日摄入量的均值为 0.86 mg/d,占 DRI 的 82.31%.结果表明人均  $V_{B_2}$  的摄入量仍显不足,但呈好转趋势,预计到 2025 年会基本达到中国营养专家提出的平均需要量的标准.

抗坏血酸( $V_C$ ):人均日摄入  $V_C$  的量持续增加,从 2016 年的 255.02 mg/d 增加到 2020 年的 300.14 mg/d.未来 5 年人均  $V_C$  日摄入量为 276.74 mg/d,占 DRI 的 347.87%.

维生素 E( $V_E$ ):人均日摄入  $V_E$  的量逐年升高,2019 年便已超过规定的平均需要量.未来 5 年人均  $V_E$  日摄入量为 12.54 mg/d,占 DRI 的 95.70%.表明人均  $V_E$  的日摄入量基本接近标准,能满足居民健康需要.

#### 3.3.3 矿物质摄入状况评价

钙(Ca):未来 5 年钙的平均估计摄入量为 514.16 mg/d,占 DRI 的 72.01%.尽管钙的摄入量增加约

15个百分点,但是距离最适宜的标准摄入量还有一段距离,应高度重视钙摄入量。

铁(Fe):未来铁的人均日摄入量为15.01 mg/d,占DRI的139.50%。中国居民消费的果蔬中铁的供给量普遍高于DRI,这有利于减少因缺铁引起的疾病发病率。

磷(P):磷从2016年的492.22 mg/d增加到2020年的576.15 mg/d,增长了17.05%。未来5年人均日摄入磷为531.91 mg/d,占DRI的94.87%。表明磷基本满足居民健康需要。

镁(Mg):预计镁的人均日摄入量将从2016年的344.13 mg/d上涨到2020年的397.88 mg/d,未来5年人均日摄入量均超过了平均需要量369.92 mg/d。镁的摄入量将是十分充足。

锌(Zn):2016年,锌的人均日摄入量为5.57 mg/d,2020年为6.93 mg/d,增加了24.35%。未来5年的人均日摄入量为6.21 mg/d,占DRI的80.07%。表明中国居民对锌的摄入量将逐渐趋近平均标准。

硒(Se):5年间人均日摄入量为19.30  $\mu\text{g}/\text{d}$ ,仅占DRI的41.12%,不足1/2DRI。由于硒缺乏会引起克山病和大骨节病<sup>[10]</sup>。文中硒质量分数是通过预测主要果蔬的质量分数得来,而研究表明除香菇之外,肉类及谷物才是硒的主要来源<sup>[11]</sup>。故本文硒的预估量偏低,但未来5年中硒的摄入量增长27.99个百分点,相比其它微量元素,增长最快。

表5 2016—2020年部分营养素摄入量预测值

分析项目	DF /( $\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$ )	V <sub>A</sub> /( $\mu\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$ )	V <sub>B<sub>1</sub></sub> /( $\text{mg} \cdot \text{d}^{-1}$ )	V <sub>B<sub>2</sub></sub> /( $\text{mg} \cdot \text{d}^{-1}$ )	V <sub>C</sub> /( $\text{mg} \cdot \text{d}^{-1}$ )	V <sub>E</sub> /( $\text{mg} \cdot \text{d}^{-1}$ )	Ga /( $\text{mg} \cdot \text{d}^{-1}$ )	Fe /( $\text{mg} \cdot \text{d}^{-1}$ )	P /( $\text{mg} \cdot \text{d}^{-1}$ )	Mg /( $\text{mg} \cdot \text{d}^{-1}$ )	Zn /( $\text{mg} \cdot \text{d}^{-1}$ )	Se /( $\mu\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$ )
预测值												
DRI	33.53	488.10	1.05	1.04	79.55	13.10	714.05	10.76	560.69	260.06	7.76	46.92
2016年	20.58	169.62	0.65	0.77	255.02	11.40	479.56	13.75	492.22	344.13	5.57	17.03
2017年	21.48	220.22	0.68	0.81	264.70	11.90	494.21	14.30	508.96	355.38	5.85	18.02
2018年	22.54	275.34	0.71	0.85	276.20	12.50	512.64	14.94	529.84	369.17	6.18	19.17
2019年	23.68	330.13	0.74	0.90	287.62	13.12	531.95	15.65	552.36	383.11	6.54	20.46
2020年	24.84	396.23	0.78	0.96	300.14	13.78	552.45	16.39	576.15	397.88	6.93	21.80
平均值	22.62	278.31	0.71	0.86	276.74	12.54	514.16	15.01	531.91	369.93	6.21	19.30
平均值 与DRI 比值/%	67.48	261.89	68.03	82.31	347.87	95.70	72.01	139.50	94.87	142.25	80.07	41.12

### 3.4 结论

综上所述,中国居民未来5年内对维生素A,抗坏血酸,铁和镁等微量元素的摄入量比较充足;维生素E和磷的摄入量随着时间推移逐渐达到正常范围,到2020年基本趋于合理;核黄素、锌、钙的摄入量占DRI的70%~80%;膳食纤维和硫胺素的摄入量占DRI的60%~70%,而从果蔬中摄入的硒不足1/2DRI,可喜的是所有营养素的摄入量都在逐年递增。总体而言到2020年维生素E,磷等微量元素的摄入量与《中国食物与营养发展纲要(2014—2020年)》提出“到2020年维生素和矿物质等微量营养素摄入量要基本达到居民健康需求”的目标基本吻合,中国居民的营养状况将逐渐好转并趋于合理。

## 4 果蔬产业与居民营养发展的战略选择

随着中国居民生活水平的提高,果蔬已逐渐成为人们的主食之一,对促进营养均衡有至关重要的作用。根据等维灰度递补预测模型对我国居民主要果蔬消费量的预测显示,尽管中国居民的营养状况将逐渐好转并趋于合理,但无论是部分维生素摄入过量,还是膳食纤维、硫胺素、核黄素、钙、锌、硒等的缺乏都说明我国居民未来的营养状况与营养学会提出的标准还有一段距离,膳食营养结构存在一定程度失衡。相关部门在推进果蔬消费与居民营养健康发展时可考虑以下战略思路:

### 4.1 实施“继承与优化”战略

我国传统膳食以植物性食物为主、动物性食物为辅,通常食用未经加工的新鲜果蔬。外国的营养学专家也称我国传统膳食结构是防止肥胖、心脑血管病的最佳膳食<sup>[12]</sup>。因此,应该坚持继承传统,同时不断汲取人体健康所需的最新营养保健知识,优化传统的膳食结构,摄入足量的果蔬,补充缺乏的微量营养素及

膳食纤维等, 预防由营养不足与过剩引起的慢性疾病, 实现“营养均衡”的健康目标. 建议相关部门进一步加强营养均衡重要性的宣传力度, 纠正人们目前存在的相对片面的营养观念. 大力推行膳食纤维、维生素和矿物质均衡摄入的新营养观.

#### 4.2 实施“引导与干预”战略

为了避免部分果蔬不必要的浪费和实现居民的营养均衡. 国家层面需制定相关策略, 统筹规划果蔬的种植模式, 实时引导果蔬种植者. 一是把握地域优势, 因地制宜地实施区域规划种植模式: 引导部分农户大量种植营养和价格都相对普通但是很受欢迎的果蔬品种(如梨、卷心菜等), 另一部分农户种植优质、营养丰富且昂贵的果蔬品种(如香菇、苹果等), 这样不仅顾及了普通居民的营养需求和购买成本, 同时还考虑到了种植者的收益以及国家进出口和种植面积等因素, 从而既可引导居民调整营养结构失衡的状态, 又可规模化促进果蔬业的发展, 发挥双重优势. 二是充分发挥科学研究技术优势增产提质. 如有研究表明, 通过对黄冠梨树的根部和叶面喷施光合细菌菌剂改善果皮亮度, 同时增加维生素和锌等营养素含量<sup>[13]</sup>. 三是针对特定人群开展营养干预措施. 比如美国农业部开展的“农场—校园直通车”计划, 每周都会从附近的农场为学生提供不同品种的新鲜蔬菜和水果. 同样也可针对老年人群及贫困人群等开展相应的营养干预计划, 从而提升中国整体的身体健康水平.

#### 4.3 实施“监测与服务”战略

在各个地区建立中国居民营养健康的质量监测中心, 通过开展营养调查或者利用主要食物的消费量来估算居民的营养水平等方法, 动态监测我国居民对各种营养素的摄入量的合理程度. 如果监测发现某些营养素摄入过多或者不足, 则可以对当地居民予以实时指导, 将最新的中国居民膳食营养素摄入量标准应用到实际生活中, 提供如何合理地补充瓜果蔬菜, 最大程度上调整居民的膳食营养结构, 使得居民所摄入的营养素能够控制在最合理的范围内. 同时, 充分利用监测分析结果, 针对不同地域、不同人群, 提供适合当地的服务和指导, 开展不同形式的营养教育服务工作. 另外, 结合实时遥感信息与农作物生长机理模型, 实现区域作物生长的动态监测, 特别是产量估计, 推动遥感信息在我国精准农业估产中的应用具有重大价值<sup>[14]</sup>.

相关部门应大力开发和引进果蔬生产、采摘、运输、贮藏、保鲜和加工等方面的科学技术, 指导果蔬产业比较集中的地区形成完整的果蔬产业链, 为种植者的收益及居民的营养健康同时提供最优质的服务指导生产和生活.

#### 参考文献:

- [1] BOEING H, BECHTHOLD A, Bub A, et al. Critical Review: Vegetables and Fruit in the Prevention of Chronic Diseases [J]. *European Journal of Nutrition*, 2012, 51(6): 637—663.
- [2] SLAVIN J L, LLOYD B. Health Benefits of Fruits and Vegetables [J]. *Advances in Nutrition: An International Review Journal*, 2012, 3(4): 506—516.
- [3] 许世卫, 李哲敏. 以营养健康为重点目标的农业生产结构调整战略 [J]. *农业经济问题*, 2006(12): 30—33.
- [4] 李哲敏. 中国城乡居民食物消费与营养发展的趋势预测分析 [J]. *农业技术经济*, 2008(6): 57—62.
- [5] 刘 扬, 邹 伟. 收入增长是否一定带来营养改善和营养均衡 [J]. *经济学动态*, 2011(6): 77—81.
- [6] 石培基, 胡 科. 等维灰数递补模型在人口预测中的应用 [J]. *统计与决策*, 2008(6): 12—14.
- [7] 舒妍妍. 中国居民食物消费与营养素转换数据库应用系统的设计开发 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2007.
- [8] 杨月欣, 王光亚, 潘兴昌. 中国食物成分表 2002 [M]. 北京: 北京大学医学出版社, 2002.
- [9] BUZBY J C, HYMAN J, STEWART H, et al. The Value of Retail and Consumer Level Fruit and Vegetable Losses in the United States [J]. *Journal of Consumer Affairs*, 2011, 45(3): 492—515.
- [10] COPPINGER R J, DIAMOND A M. Selenium Deficiency and Human Disease [M]. Springer US: Selenium, 2001: 219—233.
- [11] GAO J, LIU Y, HUANG Y, et al. Daily Selenium Intake in a Moderate Selenium Deficiency Area of Suzhou, China [J]. *Food Chemistry*, 2011, 126(3): 1088—1093.

- [12] 李哲敏. 近 50 年中国居民食物消费与营养发展的变化特点 [J]. 资源科学, 2007, 29(1): 27—35.
- [13] 李兴发, 黄 娟, 杨雅婷, 等. 光合细菌菌剂对黄冠梨土壤微生物区系及果实品质的影响 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2015, 40(6): 55—61.
- [14] 张 锐, 罗红霞, 邹扬庆, 等. 不同时相的柑橘估产模型比较研究 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2015, 37(3): 1—7.

## On Strategies and Trend Prediction for Nutrition Development and Consumption of Fruits and Vegetables of Residents in China

MA Lian<sup>1</sup>, LU Zhi-ming<sup>2</sup>, SONG Nai-qing<sup>1</sup>

1. School of Mathematics and Statistics, Southwest University, Chongqing 400715, China;

2. School of Horticulture and Landscape Architecture, Southwest University, Chongqing 400715, China

**Abstract:** Based on some basic data of the consumption of 28 different fruits and vegetables from 2003 to 2013, the consumption of those fruits and vegetables from 2016 to 2020 has firstly been predicted and the development trend of them with R software analyzed, by the model of recursive compensation by gray number of identical dimension. Secondly, intakes of dietary fiber and vitamin as well as minerals of Chinese inhabitants in the next five years have been estimated in combination with the predicted value of the consumption of fruits and vegetables and compared them with the estimated average requirements(EAR) at the Chinese DIRs. Results show that all nutrient intakes keep increasing year by year; the intakes of Vitamin A, ascorbic acid, iron and magnesium were sufficient; riboflavin and calcium intakes were between 70%—80% DRI; dietary fiber and thiamine intakes were between 60%—70% DRI and selenium intake was less than half of DRI. This reflects that the structure of the daily dietary nutrition is imbalanced and should be highly regarded, and at the same time, proposed the strategies for the development of fruits and vegetables industry and balanced nutrition.

**Key words:** fruits and vegetables consumption; nutrition; GM(1,1) model; recursive compensation by gray number of identical dimension; the trend of forecasting; Chinese residents

责任编辑 周仁惠