朱强，马海波，敖兴宇，等. 高校食堂食物浪费碳足迹估算研究［J］. 山西农业大学学报（社会科学版），2022，21（5）：90-98.
ZHU Qiang，MA Haibo，AO Xingyu，et al. Research on carbon footprint estimation of food waste in college canteens［J］. Journal of Shanxi Agricultural University（Social Science Edition），2022，21（5）：90-98.
DOI：10.13842/j.cnki.issn1671-816X.2022.05.011

高校食堂食物浪费碳足迹估算研究

朱强[1]，马海波[2]，敖兴宇[1]，严菲菲[1]
（1.湖州师范学院 经济管理学院，浙江 湖州 313000；2.南京财经大学 粮食和物资学院，江苏 南京 210023）

摘 要：食物浪费问题不仅事关粮食安全问题，而且对环境产生较大的影响，碳排放就是不可忽视的负面效应之一。基于生命周期理论，通过对全国各省（市）30所高校的9660份问卷调查，对大学生在高校食堂就餐时产生的食物浪费碳足迹进行了核算。研究发现，中国大学生每人每餐平均食物浪费碳足迹为0.095千克CO2eq；所有在校生每年产生的食物浪费碳足迹约为193.325万吨CO2eq。食物浪费在原料制造阶段产生的碳足迹为150.794万吨CO2eq，交通运输阶段的碳足迹为3.866万吨CO2eq，食材制作阶段的碳足迹为27.066万吨CO2eq，废弃处理阶段产生的碳足迹为11.599万吨CO2eq。要减少高校食堂产生的碳足迹和形成低碳饮食路径，需要学生、高校、餐饮企业和政府多元主体的共同努力。

关键词：食物浪费；碳足迹；高校食堂
中图分类号：X196 **文献标识码：**A 文章编号：1671-816X（2022）05-0090-09

一、问题的提出

2020年9月，习近平总书记在第75届联合国大会上宣布，中国将努力争取在2030年前实现“碳达峰”，在2060年前实现碳中和目标。从“碳达峰”到“碳中和”，习近平总书记这一重要宣示为我国应对气候变化、绿色低碳发展指明了目标方向[1]。“双碳目标”自提出以来，受到了国内外学者的广泛关注。赵荣钦等认为，“双碳目标”的提出是党中央基于人类命运共同体高度提出的重大战略决策部署，将对全球应对气候变化带来深远的影响[2]。据预测，中国双碳目标的提出将可以使全球气温降低0.2～0.3℃左右[3]。根据经济合作与发展组织（OECD）的数据统计，截至2021年，全球已有53个国家实现了碳达峰目标[4]。例如英国于1991年实现碳达峰，美国于2007年实现了碳达峰，日本于2013年实现碳达峰等。作为发展中国家的中国，双碳目标的实现依然面临着巨大的挑战，发达国家已经完成工业化，其CO_2排放已经实现了自然达峰目标，目前正处于面向碳中和目标的新阶段，而广大的发展中国家则依然处于CO_2排放的攀升期[5]。因此，对于碳达峰、碳中和的进一步研究，具有重要的现实意义。

在“双碳目标”的大背景下，食物浪费问题及其所带来的资源环境的破坏，尤其是碳排放效应，也受到政策层面和学术界越来越广泛的关注[6]。据估计，全球食物系统每年排放相当于18总吨CO2eq，占温室气体排放总量的34%[7]。另一权威性报告显示，全球每年食物浪费碳足迹约为4.4总吨CO2eq，占全球温室气体排放的8%[8]。作为世界第一碳排放国，中国社会的食物浪费碳足迹规模也很大。Hiç等估算，中国社会食物浪费碳足迹就高达110兆吨CO2eq[9]。鉴于中国社会的碳足迹还在进一步增长，食物浪费领域减碳减排潜力巨大，因此加强食物浪费碳足迹相关研究十分必要。

实际上，近年来中国社会对食物浪费问题也越来越受到重视[10]。据估算，中国近年来食物浪费总量折算成粮食约为5000万吨，且在整个供应

收稿日期：2022-03-26 **修回日期：**2022-05-27
基金项目：四川省社会科学重点研究基地项目（XNZZSH2205）
作者简介：朱强，研究方向：粮食流通与粮食安全。

链中的食物损失和浪费率高达19%[11]。这些食物损失和浪费中，在生产、运输、加工、销售等过程发生的更多属于技术层面的损耗[12]，在整体上来看是一种相对客观的食物损失[13]；而基于消费端的食物浪费，更多属于主观行为引起的浪费，是当前需要下大力气减少的食物损失[14-16]。食物浪费对粮食安全、资源环境、经济社会等都会产生负面影响，不利于可持续发展，是当前社会急需解决的问题之一[17]。习近平总书记高度重视食物浪费问题，并多次做出批示，要求坚决杜绝食物浪费。因此，加强中国社会的食物浪费研究，致力于减少食物浪费，对于保障我国粮食安全和缓解资源环境压力，保障我国经济健康与可持续发展也有着很强的理论和现实意义。2021年4月，第13届全国人民代表大会常务委员会会议通过《中华人民共和国反对食品浪费法》，对餐饮服务经营者、政府机关、学校以及外卖平台等行为主体的食品浪费行为从法律层面作了相关约束，《中华人民共和国反对食品浪费法》的施行，标志着我国反食物浪费的顶层法律设计已经初步搭建形成，完成了从道德治理向法律治理的逻辑转换[18]。

食物浪费不仅造成食物本身的损失，也意味着生产过程中水土资源等要素投入的白白浪费，而且会引致较为严峻的资源负面效应[19]。随着经济社会的不断发展，生活质量的提高，食物浪费的现象越来越严重，尤其是在大学校园，这一问题特别突出[20]。钱龙等的研究表明，中国大学生的食物浪费规模相当惊人[15-16]，虽然在公共食堂就餐比在餐馆就餐浪费得少，但与家庭场所相比，产生的食物浪费多了不少[14]。根据教育部提供的数据，2020年我国普通高等教育学校数量达到了2688所，其中本科生在校生人数近4000万。作为消费者，在校大学生人数基数大。因此，这一群体在消费环节的食物浪费问题不容乐观[21]。学生在高校食堂的就餐过程中，因各种各样的原因造成的食物浪费和相应的碳排放情况也相当严峻[22]。为此，为提供食物浪费碳足迹的中国研究，提供高校特定场所的经验证据，本研究拟以中国高校大学生为例开展分析。拟基于生命周期理论，分析高校食堂食物浪费及其碳排放，提供这一场所食物浪费碳足迹的首个证据，为减少校园场所的食物浪费，以及相应的减排政策的制定提供经验借鉴。

二、研究设计

（一）样本情况

中国高校大学生群体数量庞大，其背后的食物浪费问题及其可能带来的碳排放不容小觑。2018年，南京财经大学食育研究团队曾对全国各高校进行实地调查，按照1省1校的原则进行抽样调查，对除西藏、港澳台地区以外的30个省（市）、自治区的30所高校进行了问卷调查，每所高校的问卷采集量在300～350份左右[15]。经过两个月左右的调研，在300多名调查员的努力下，课题组累计称重30 000余次，共计收集问卷9660份。此次抽查的学校类型，既包括生源相对多元化的教育部部属高校（211大学），也包括了生源相对集中的地方所属高等院校，样本覆盖相对全面[16]。本研究试图估算中国高校食堂的年食物浪费量；同时利用生命周期理论对中国高校食堂食物浪费碳足迹进行测算。

（二）研究方法

1. 生命周期流程图

生命周期评估方法的早期研究主要着重于废弃物、能源及容器的评估，从20世纪90年代开始在环境领域受到重视，越来越多的关于生命周期的评估报告与相关研究被提出，本研究引用ISO14067：2018生命周期评估架构进行农产品生产生命周期盘查分析。本研究以主要的农产品原材料生产的生命周期评估为架构，针对原材料产制过程的各个阶段加以说明，并进行研究的范围界定。农产品生命周期，包含了农产品从原料、制造、物流、使用到废弃物处理等一系列连续过程[23]，其生命周期流程图如图1所示。

2. 系统边界

本研究基于生命周期方法与碳足迹计算，任何产品都有产品生命周期，也都可以作碳足迹计算。生命周期是指从自然资源取得或产生的原材料到最终处置，有关该产品系统中连续与互相连结的过程[25]。本研究将其生命周期分为四个阶段：原料制造阶段、交通运输阶段、食材制作阶段、废弃处理阶段等。因此，可以从以上四个阶段逐步测算中国高校食堂食物浪费的碳足迹。高校食堂食物浪费碳足迹的系统边界如图2所示[26]。

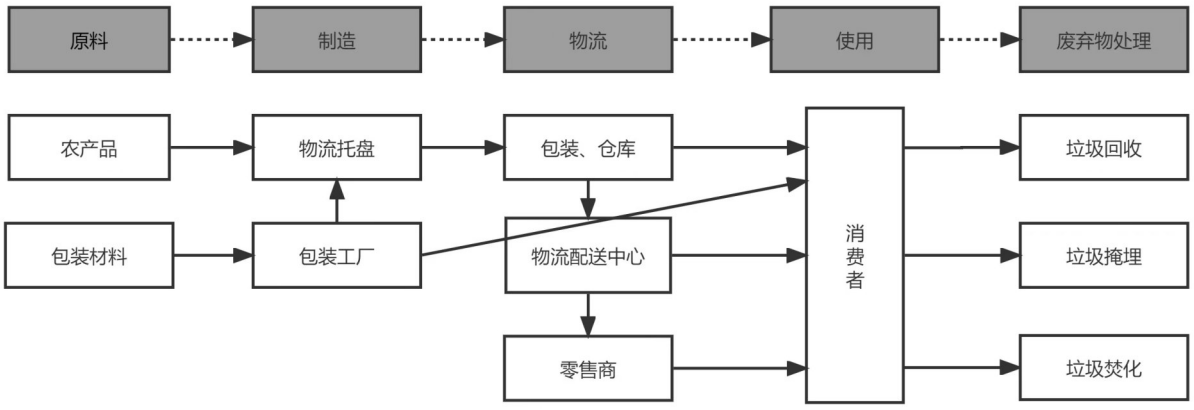


图1 农产品原材料生命周期流程图

数据来源：改绘自Robertson et al.(2014)[24]

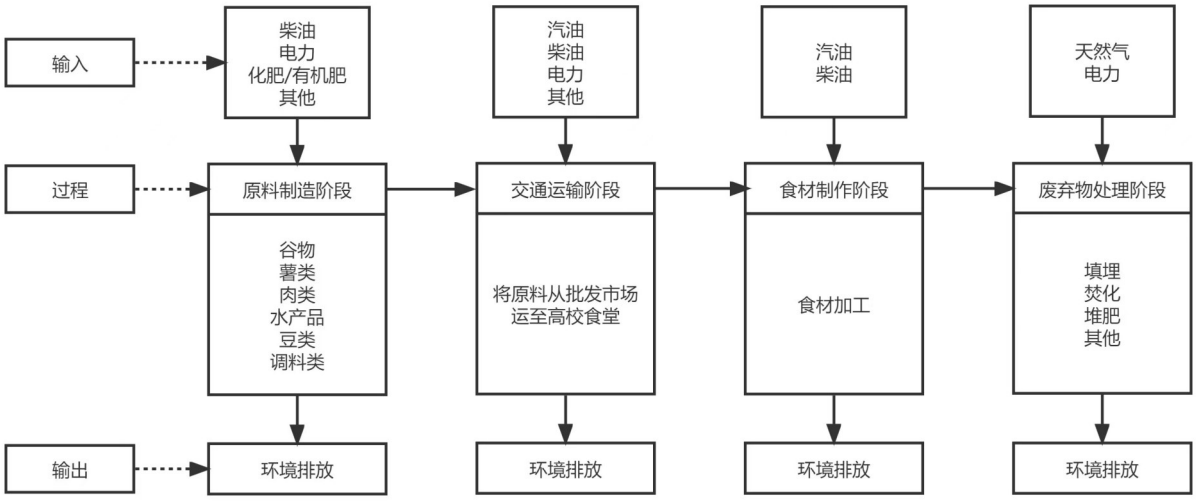


图2 系统边界

3. 碳足迹计算方法与数据来源

碳足迹以二氧化碳当量来表示，通常是指一项活动或产品在整个生命周期中因经济活动直接或间接产生的温室气体的排放量。各阶段碳排放量计算公式如下[27-28]：

（1）原料制造阶段：食材产生的碳排放量＝食材重量×食材生产的碳排放系数

（2）交通运输阶段：食物运输碳排放量＝食材重量×交通工具的碳排放系数

（3）食材制作阶段：燃料的碳排放量＝燃料使用重量×燃料使用的碳排放系数

（4）废弃处理阶段：厨余的碳排放量＝厨余重量×厨余的碳排放系数

在计算产品碳足迹时应首先对产品生命周期各成分进行盘查，得到各阶段的活动数据，并累积加总即为碳足迹，其计算公式如下：

$$CF=\sum_{i=1}Q_i\times EF_i$$

式中，CF为碳足迹，Q_i为物质或活动的数量或强度数据（质量/体积/千米/千瓦时），EF_i为单位碳排放因子（CO_{2e}/单位）

通过在各高校食堂的实地调研和访谈得到了相关数据，并参考国内外相关文献，调查计算结果如下：

（1）原料制造阶段。本阶段依据高校食堂的实地调研，通过实际称重得到各食材与各项调味品及油料的重量。原料制造阶段的相关碳排放系

数见表1。

表1 原料制造阶段碳排放系数

名称		排放系数	数据来源	名称		排放系数	数据来源	单位
蔬菜	上海青	0.590	[29]	蔬菜	西红柿	0.082	[30]	KgCO2eq/kg
	杏鲍菇	3.720	SimaPro软件		玉米粒	0.21	[31]	KgCO2eq/kg
	茄子	0.228	SimaPro软件		地瓜	0.16	[32]	KgCO2eq/kg
	大蒜	0.680	[33]		芋头	0.16	[32]	KgCO2eq/kg
	黑木耳	1.870	[34]		牛蒡丝	0.16	[32]	KgCO2eq/kg
	辣椒	3.120	[35]		马铃薯	0.16	LCA food database	KgCO2eq/kg
	韭菜	0.500	[36]		小白菜	0.333	SimaPro软件	KgCO2eq/kg
	香菜	0.500	[36]		茄子	0.228	SimaPro软件	KgCO2eq/kg
	葱	0.094	[37]		青江菜	0.333	SimaPro软件	KgCO2eq/kg
	香菇	1.870	[34]		其他叶菜	0.16	[38]	KgCO2eq/kg
	芹菜	0.050	[29]	肉类	猪肉	4.45	[35]	KgCO2eq/kg
	青花菜	0.120	[39]		鸡肉	2.6	[35]	KgCO2eq/kg
	菜脯	0.350	[35]		牛肉	16.49	[31]	KgCO2eq/kg
	洋葱	0.370	[35]	水产品	鱼	1.93	[40]	KgCO2eq/kg
	红萝葡	0.350	[35]		蚵	0.252	[41]	KgCO2eq/kg
	白菜	0.497	[42]	粮食	白米	1.59	SimaPro软件	KgCO2eq/kg
	小黄瓜	0.159	[42]		面粉	0.2836	[43]	KgCO2eq/kg
	日本厚菜	0.590	[29]	蛋类	蛋	0.5884	[44]	KgCO2eq/kg
	莴苣	0.160	[45]	豆制品	豆腐	0.7	[31]	KgCO2eq/kg
	花椰菜	0.140	[39]		板豆腐	0.7	[31]	KgCO2eq/kg

（2）交通运输阶段碳足迹。运输阶段为公路运输，运输距离采用百度地图进行估算，本研究运输距离拟定为60km。该阶段的相关碳排放系数见表2。

表2 交通运输阶段的碳排放系数

名称	排放系数	数据来源	单位
柴油	1.9	SimaPro软件	KgCO2eq/kg

（3）食材制作阶段。食材制作阶段主要消耗的是水、电、天然气等，相关碳排放系数见表3。

表3 食材制作阶段的碳排放系数

名称	排放系数	数据来源	单位
电力	0.612	SimaPro软件	KgCO2eq/kg
水	0.193	SimaPro软件	KgCO2eq/kg
天然气	1.881	SimaPro软件	KgCO2eq/kg

（4）废弃处理阶段。废弃处理阶段主要为厨余垃圾的焚化。废弃处理阶段的相关碳排放系数见表4。

表4 废弃处理阶段的碳排放系数

名称	排放系数	数据来源	单位
焚化	0.887	SimaPro软件	KgCO2eq/kg

三、高校食堂食物浪费及其碳足迹估计

（一）高校食堂食物浪费估算

本研究通过对样本的浪费数据估算中国高校食堂食物浪费规模，估算方式分为三种：第一种为对整体样本进行统计分析，并按照当年全国3700万学生的规模进行估算。第二种方式为对食堂就餐的午餐浪费和晚餐浪费进行分别统计。第三种方式为考虑到大学生食堂就餐的规律，按照工作日和周末予以区分，进而更为精确地测度。

统计结果显示，工作日在校生人均午餐浪费量（65.06克）和人均晚餐浪费量（58.23克），均高于周末人均午餐浪费量（61.31克）和人均晚餐浪费量（53.12克）。去除90天寒暑假，按照一年39周，计算出大学生人均每年浪费食物量为32.97千克，全国所有在校生每年食物浪费量大约为122.08万吨。这意味着平均一位大学生每年在食堂就餐会浪费32.97～33.57千克食物，而全国在校大学生食堂就餐的食物浪费规模在122.08万吨～124.20万吨/年之间。如果按照最低口径进行粗略估计，即不考虑粮食和其他食物的转换

率（如0.5公斤牛肉需要消耗4公斤左右的粮食），相当于919万人～935万人一年的口粮被白白浪费，浪费规模十分惊人。

表5 高校食堂食物浪费规模

食物浪费规模测算视角	大学生人均每餐食物浪费量（克）	全国在校生平均每天食物浪费量（吨）	大学生人均每年浪费食物量（千克）	全国在校生每年食物浪费量（万吨）
平均值	61.03	4516.22	33.57	124.20
午餐	64.02	4468.86	33.21	122.89
晚餐	56.76			
工作日	午餐：65.06	4561.73	32.97	122.08
	晚餐：58.23			
周末	午餐：61.31	4233.91		
	晚餐：53.12			

（二）高校食堂食物浪费碳足迹分析

1. 高校食堂食物浪费碳足迹概况

本研究通过对样本高校食堂的学生食物浪费情况的考察，调查了其在生命周期各阶段的活动数据，包括原料制造、交通运输、食材制作、废弃处理等阶段[46]。经过统计分析后得到各阶段的活动数据，其中，原料制造阶段数据如下：猪肉21.36千克；禽肉21.63千克；牛羊肉1.36千克；水产品7.16千克；蛋类9.26千克；豆制品21.24千克；米制品209.57千克；面食147.08千克；蔬菜231.56千克。交通运输阶段的活动数据如下：用3.5吨的货车运输食材，运输平均距离为60km。食材制作阶段的活动数据如下：该阶段的数据主要为水、电、天然气的使用量，相关数据从学校后勤相关部门获得。废弃处理阶段的活动数据如下：主要为装食物原材料的塑料袋、纸盒等。经过对样本数据整理计算，得到样本高校食堂的食物浪费碳足迹，如表6所示。

表6 高校食堂食物浪费碳足迹

名称	活动数据（kg）	样本数（个）	原料制造阶段碳足迹（kgCO2eq）	交通运输阶段碳足迹（kgCO2eq）	食材制作阶段碳足迹（kgCO2eq）	废弃处理阶段碳足迹（kgCO2eq）
禽肉	21.63	2533	56.2380			
猪肉	21.36	2771	95.0520			
牛羊肉	1.36	289	22.4264			
水产品	7.16	475	13.8188			
蛋类	9.26	1557	5.1708	14.9540	128.5900	53.1300
豆制品	21.24	1316	14.8680			
米制品	209.57	6364	333.2163			
面食	147.08	3077	41.7119			
蔬菜	231.56	8282	138.9360			
小计			721.4380	14.9540	128.5900	53.1300
总计				918.1120		

纵观高校食堂食物浪费的生命周期，可见原料制造阶段的碳排放量占比高达78%，碳排放量为721.4380千克CO2eq。原料制造阶段，米制品的碳足迹占比最高为46%，其碳足迹为333.2163千克CO2eq。从主食以外的食材品种来看，肉类的碳足迹占比最高，为24%，肉类中猪肉的碳足迹为95.0520千克CO2eq，占比13%，牛羊肉的碳足迹为22.4264千克CO2eq，占比3%，禽肉的碳足迹为56.2380千克CO2eq，占比8%。其次是蔬菜类，其碳足迹为138.9360千克CO2eq，占比为19%；再次为面食，其碳足迹为41.7119千克CO2eq，占比为6%。豆制品和水产品占比均为2%，其碳足迹分别为14.8680千克CO2eq、13.8180千克CO2eq；占比最低的为蛋类1%，其碳足迹为5.1708千克CO2eq。

此外，食材制作阶段的碳排放值为128.5900千克CO2eq，占总比例的14%，排名第二；在整个碳排放中排名第三的是废弃处理阶段，碳足迹

总量为53.1300千克CO2eq，占比为6%。交通运输阶段的碳排放总值为14.9540千克CO2eq，占比2%，在整个碳排放总量中贡献最小。

2. 中国高校食堂食物浪费碳足迹估算

根据上文关于中国高校食物浪费规模的估算，本文采用相同的方法对中国高校食堂食物浪费碳足迹进行估算。考虑到数据的可获性，本研究只采取上文的第一种方法，对中国高校食堂食物浪费的碳足迹进行估算。在校生每人每餐平均食物浪费碳足迹为0.0950千克CO2eq；按照调查当年全国3700万在校大学生的规模，那么中国所有在校生每天食物浪费碳足迹为7030吨CO2eq；去除90天的寒暑假，平均一个大学生每年仅仅在食堂就餐产生的碳足迹为52.2500千克CO2eq，而全国所有在校生每年食物浪费碳足迹约为193.3250万吨CO2eq。依据图5碳排放比例图可知，中国在校生食堂食物浪费在原料制造阶段产生的碳足迹为150.7940万吨CO2eq，交通运输阶段的碳足迹为3.8660万吨CO2eq，食材制作阶段的碳足迹为27.0660万吨CO2eq，废弃处理阶段产生的碳足迹为11.5990万吨CO2eq。无论是碳足迹总规模，还是各个阶段的碳足迹，其数量都相当大。

四、高校低碳饮食路径的打造

“双碳目标”下，发展低碳经济已经被上升到了国家层面[47]。由上文的分析结果可知，全国高校在校生每年食物浪费碳足迹约为193.325万吨CO2eq，可见高校食物浪费产生的温室气体减排潜力巨大[48]。要发展低碳经济，在高校群体中实现减排、减碳的目标，需要在全社会推动低碳消费路径的形成，本研究认为，利益相关方的学生、学校、政府以及相关企业等主体要共同参与进行[49]，致力于减少原料制造、交通运输、食材制作和废弃物处理各个阶段的碳足迹产生，各自做出自己应有的努力和贡献，如图3所示。

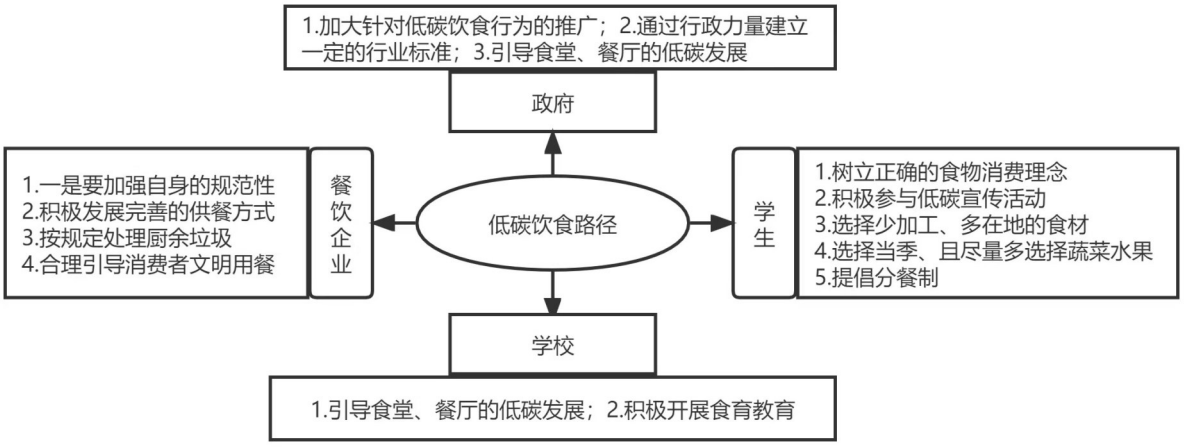


图3 低碳饮食路径图

（一）针对学生

一是要树立正确的食物消费理念。培养自身健康的饮食习惯，适度消费，厉行节约。同时，应注重绿色消费，在消费的过程中应考虑到自身行为对环境的影响。二是要积极参与低碳消费、绿色消费等宣传教育活动，促进自身与周围人的可持续消费意识的养成。三是要选择少加工、多在地化的食材，就餐时尽量选取新鲜食材以取代加工食物[50]。食材产地距离越远，交通运输过程中所产生的碳排放也越高，因此选择在地食材有助于减少对环境的冲击。四是要选择当季食材、且尽量多选择蔬菜水果。上文的研究也证明肉类的碳排放量显著高于蔬菜水果，且蔬菜水果含有丰富的维生素、矿物质及膳食纤维，有助于身体健康；而且要选择当季蔬菜水果，因其可以大幅减少农药及肥料使用量，同时能避免冷藏、加工保存等，进而减少碳排放量。五是要提倡分餐制，分餐制在预防疾病交叉感染的同时，更可以减少食物浪费，每年节约可观数量的粮食和农副产品。

（二）针对学校

一是要积极开展低碳饮食教育工作，宣传我国的粮食生产供应情况及其资源环境状况，进而提高学生节约粮食的责任感和使命感。二是要积极开展食育教育，食育的目的在于通过教育手段，如融入课程教学、体验实作、演讲参观活动等，培养学生正确的健康饮食观念[52]。在课程与教学方面，若能结合地方特色，规划具有特色的校本课程，获得学生与家长的价值认同，共同推动食育，让学校成员及社区大众共同学习在地的知识，并了解自己的责任与义务，尽力去做好教育工作，则可吸引更多学生参与的意愿。食育的课程设计，并无统一的标准可供参考，学校必须考虑所在区域的环境差异并进行适应性调整，有效构建区域特性的低碳饮食生活。

（三）针对政府

一是要加大针对低碳饮食行为的推广，通过政府部门的介入，有利于将低碳饮食观念落实到日常生活当中，进而将减排、减碳内化为一种价值、态度，对于低碳饮食的推广有一定的效果。二是要通过行政力量建立一定的行业标准，例如美国于1990年成立的绿色餐厅协会，通过绿色认证制度帮助美国、加拿大数以千计的餐厅实现了绿色、低碳发展。三是要引导食堂、餐厅的低碳发展，通过采取鼓励或奖励的方式，辅导食堂、餐厅等在经营环节上的操作与营销推广，让低碳经营理念在相关企业中形成风气，最终有助于低碳消费的实现。

（四）针对餐饮企业

一是要加强自身操作的规范性，餐饮企业应主动选择当地当季食材，以减少食物碳足迹。二是要积极发展完善的供餐方式，为消费者提供标准化菜品，提倡一料多菜，物尽其用，尽可能避免食材浪费。三是按规定处理厨余垃圾，务必积极配合政府部门并按照相关规定处理，增加无害化处理比例，提升可循环利用指数，杜绝非法处理行为的发生。四是要合理引导消费者文明用餐，在显著位置上张贴关于减少食物浪费的宣传画或指示牌；主动提供绿色打包服务，并免收打包费，以减少餐饮浪费。

五、结论

食物浪费不仅在一定程度对中国粮食安全问题产生了威胁，而且会带来规模庞大的碳排放。以中国大学生为研究对象，本文基于生命周期理论，估算出中国高校在校生每人每餐平均食物浪费碳足迹为0.095千克CO2eq。按照全国3700万在校大学生的规模，中国所有在校生每天食物浪费碳足迹为7030吨CO2eq；去除90天的寒暑假，平均一个大学生每年仅仅在食堂就餐产生的碳足迹为52.25千克CO2eq，而全国所有在校生每年食物浪费碳足迹约为193.325万吨CO2eq。从碳排放的构成来看，在校生食堂食物浪费在原料制造阶段产生的碳足迹为150.794万吨CO2eq，交通运输阶段的碳足迹为3.866万吨CO2eq，食材制作阶段的碳足迹为27.066万吨CO2eq，废弃处理阶段产生的碳足迹为11.599万吨CO2eq。可见，高校餐饮食物消费的碳足迹较高，有必要在节能减碳方面做出更多的努力。当然，打造低碳社会和减少高校中食物浪费碳足迹，需要在全社会一起来推动低碳消费，学生、学校、政府以及相关企业等主体共同参与。

参 考 文 献

[1] 陈明星，程嘉梵，周园，等.碳中和的缘起、实现路径与关键科学问题：气候变化与可持续城市化[J].自然资源学报，2022，37（5）：1233-1246.

[2] 朱强，李丰，钱壮.全国高校食堂堂食浪费概况及其外卖碳足迹研究——基于30省（市）30所高校的9660份问卷调查[J].干旱区资源与环境，2020，34（1）：49-55.

[3] Tracker C A. China going carbon neutral before 2060 would lower warming projections by around 0.2 to 0.3 degrees.［EB/OL］.（2020-09-23）［2022-05-20］. https://climateactiontracker. org/press/china-carbon-neutral-before-2060-would-lower-warming-projections-by-around-2-to-3-tenths-of-a-degree/.

[4] 于贵瑞，郝天象，朱剑兴.中国碳达峰、碳中和行动方略之探讨[J].中国科学院院刊，2022，37（4）：423-434.

[5] 余丽，周旭磊.碳达峰目标实现的国际经验及中国路径[J].大连理工大学学报(社会科学版)，2022，43（3）：12-21.

[6] 赵荣钦,黄贤金,郧文聚,等.碳达峰碳中和目标下自然资源管理领域的关键问题[J].自然资源学报，2022,37(5):1123-1136.

[7] Cakar B，Aydin S，Varank G，et al. Assessment of environmental impact of food waste in Turkey[J]. Journal of Cleaner Production，2020（244）：118846.

[8] FAO. Food wastage footprint & climate change[R]. Roman：Organisation of the United Nations，Food and Agriculture，2015.

[9] Hiç C，Pradhan P，Rybski D，et al. Food surplus and its climate burdens[J]. Environmental Science & Technology，2016，50（8）：4269-4277.

[10] Xue L，Liu X. J.，Lu S. J.，et al. China′s food loss and waste embodies increasing environmental impacts [J]. Nature Food，2021，2（7）：519-528.

[11] Liu J. G.，Lundqvist J，Weinberg J，et al. Food losses and waste in China and their implication for water and land[J]. Environmental Science & Technology，2013，47（18）：10137-10144.

[12] Wang L，Xue L，Li Y，et al. Horeca food waste and its ecological footprint in Lhasa，Tibet，China[J]. Resources，Conservation and Recycling，2018（136）：1-8.

[13] Gustavsson J，Cederberg C，Sonesson U，et al. Global food losses and food waste：extent，causes and prevention[R]. Rome：Food and Agriculture Organization of the United Nations，2011.

[14] Qian L，Li F，Liu H B，et al. Rice vs. Wheat：Does staple food consumption pattern affect food waste in Chinese university canteens?[J]. Resources，Conservation and Recycling，2022（176）：105902.

[15] 钱龙，李丰，钱壮，等. 南北差异视角下个体食物浪费行为——基于大学生高校食堂就餐情境的分析[J]. 自然资源学报，2021，36（3）：552-566.

[16] 钱龙，李丰，钱壮. 高校食堂食物浪费的影响因素[J]. 资源科学，2019，41（10）：1859-1870.

[17] 张盼盼，白军飞，刘晓洁，等. 消费端食物浪费：影响与行动[J]. 自然资源学报，2019，34（2）：437-450.

[18] 申宇哲，牛坤玉，宋蕊，等. 反食物浪费政策如何落地：国际经验与本土实践[J/OL]. 中国农业资源与区划：1-15.（2022-01-07）[2022-05-19]. http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3513.s.20220107.1640.048.html.

[19] 成升魁，白军飞，金钟浩，等. 笔谈：食物浪费[J]. 自然资源学报，2017，32（4）：529-538.

[20] 李丰，钱壮. 高校食堂粮食浪费研究及政策建议——以南京财经大学为例[J]. 粮食科技与经济，2018，43（4）：27-30，119.

[21] 曾药坤，卢华. 大学生食堂粮食浪费的影响因素研究[J]. 粮食科技与经济，2021，46（6）：14-19.

[22] 李惠，黄修行，周于惠，等. 浅议高校食堂食物浪费的影响因素[J]. 商业观察，2021（34）：20-22.

[23] 张孟蓉，陈莎，李素梅. 基于生命周期的北京风味餐厅食物消费温室气体排放与减排案例分析[J]. 气候变化研究进展，2021，17（2）：140-150.

[24] Robertson K，Garnham M，Symes W. Life cycle carbon footprint of the packaging and transport of New Zealand kiwifruit [J]. International Journal of Life Cycle Assessment，2014，19（10）：1693-1704.

[25] 王灵恩，成升魁，钟林生，等. 旅游城市餐饮业食物消费及其资源环境成本定量核算——以拉萨市为例[J]. 自然资源学报，2016，31（2）：215-227.

[26] 朱强，段继红，钱煜昊，等. 基于生命周期理论的有机米碳足迹分析——以金寨县高山有机米为例[J]. 干旱区资源与环境，2019，33（10）：41-46.

[27] 马海波，朱强. 碳中和目标下夜市鸡排碳足迹分析[J]. 干旱区资源与环境，2022，36（1）：41-47.

[28] 冯琇玲. 台湾夜市小吃碳足迹初探——以鸡排为例[D]. 台北：南华大学，2020.

[29] Jia J. X.，Ma Y. C.，Xiong Z. Q.. Net ecosystem carbon budget，net global warming potential and greenhouse gas intensity in intensive vegetable ecosystems in China[J]. Agriculture，Ecosystems and Environment Volume，2012（150）：27-37.

[30] Anton A，Montero J I，Munoz P，et al. LCA and tomato production in Mediterranean greenhouses[J]. International Journal of Agricultural Resources，Governance and Ecology，2005，4（2）：102-112.

[31] EWG. Meat Eater′s guide to climate change and health[R]. Washington D. C.：Environmental Working Group，2011.

[32] Macdiarmid J I，Kyle J，Horgan G W，et al. Sustainable diets for the future：can we contribute to reducing greenhouse gas emissions by eating a healthy diet?[J]. The American Journal of Clinical Nutrition，2012，96（3）：632-639.

[33] Michalsky M，Hooda P S. Greenhouse gas emissions of imported and locally produced fruit and vegetable commodities：a quantitative assessment[J]. Environmental Science & Policy，2015（48）：32-43.

[34] Tongpool R，Pongpat P. Analysis of shiitake environmental performance via life cycle assessment[J]. International Journal of Environmental Science and Development，2013，4（5）：552-556.

[35] Audsley E，Brander M，Chatterton J C. How low can we go? an assessment of greenhouse gas emissions from the UK food system and the scope for to reduction them by 2050[R]. Network：Report for the WWF and Food Climate Research，2010：1-2.

[36] Anagnostopoulos K, Kalogeropoulos N, Costarelli V. Estimated carbon dioxide equivalents emissions in Greece, following different types of diet[R]. Athens: Haprokopio University, Department of Home Economics & Ecology, 2014: 1-14.

[37] Lynchcaris T, Sutherland J. Ideally positioned to address the sustainability challenge[C]. Kentucky: Industrial Engineering, 2010: 1-15.

[38] Rees N, Anthony D. Unless we act now: the impact of climate change on children[R]. New York: United Nations International Children's Fund, 2015: 1-10.

[39] Caracciolo F, Cicia G, Giudice T D, et al. *CO_2 Emission in the Fresh Vegetables Chains: A Meta-Analysis In: U. Rickert; G. Schiefer, (Eds.) System Dynamics and Innovation in Food Networks*[M]. Bonn: University of Bonn-ILB Press, 2012: 495-510.

[40] 古云杰. 吴郭鱼养殖碳足迹之调查——以云林麦寮养殖户为例[D]. 基隆：国立台湾海洋大学，2013.

[41] SARF. Carbon footprint of Scottish suspended mussels and intertidal oysters [EB/OL]. (2012-01-01) [2022-05-20]. http://www.sarf.org.uk/cms-assets/documents/43896-326804.sarf078.

[42] Muthu S S. *Assessment of Carbon Footprint in Different Industrial Sectors* [M]. Berlin: Springer Science and Business, 2014: 20-34.

[43] Meisterling K, Samaras C, Schweize R V. Decisions to reduce greenhouse gases from agriculture and product transport: LCA case study of organic and conventional wheat [J]. Journal of Cleaner Production, 2009, 17 (2): 222-230.

[44] Pathak H, Jain N, Bhatia A, et al. Carbon footprints of Indian food items[J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2010, 139 (1-2): 66-73.

[45] Defra. Securing the Future: UK government sustainable procurement action plan incorporating the government response to the report of the sustainable procurement task force [R]. London: Department for Environment, 2007: 1-10.

[46] 张丹，成升魁，高利伟，等. 城市餐饮业食物浪费碳足迹——以北京市为例[J]. 生态学报，2016，36(18)：5937-5948.

[47] 孙曜. 低碳经济背景下大学生低碳消费行为现状与对策研究[J]. 经济师，2021 (10)：250-251.

[48] 张卫建，严圣吉，张俊，等. 国家粮食安全与农业双碳目标的双赢策略[J]. 中国农业科学，2021，54(18)：3892-3902.

[49] 孙大文. 建立低碳食品体系，促进中国低碳经济发展[J]. 食品科学，2010，31 (18)：1-4.

[50] 张召. 改革开放以来中国消费文化变迁研究[D]. 北京：北京交通大学，2013.

[51] 朱强，李丰，刘晓洁. 对我国食育行动的思考与展望——吃好还是吃对?[J]. 自然资源学报，2020，35 (9)：2134-2148.

[52] 李志勇，查建平，刘俊，等. 低碳旅游发展路径研究[M]. 成都：四川大学出版社，2017.

Research on carbon footprint estimation of food waste in college canteens

ZHU Qiang[1], MA Haibo[2], AO Xingyu[1], YAN Feifei[1]

(1. *School of Economics and Management, Huzhou Normal University, Huzhou* 313000, *China*;
2. *Institute of Food and Strategic Reserves, Nanjing University of Finance and Economics, Nanjing* 210023, *China*)

Abstract: Food waste is not only related to food security, but also has a greater impact on the environment. Carbon emissions are one of the negative effects that cannot be ignored. Based on the life cycle theory, this paper calculates the carbon footprint of food waste generated by college students when they eat in college canteens through a survey of 9,660 questionnaires in 30 colleges and universities in various provinces (cities) across the country. The study found that the average food waste carbon footprint of Chinese college students per meal is 0.095kgCO2eq; the annual food waste carbon footprint of all school students is about 1,933,250 tCO2eq. Food waste has a carbon footprint of 1,507,940 tCO2eq in the raw material manufacturing stage, 38,660 tCO2eq in the transportation stage, 270,660 tCO2eq in the food preparation stage, and 115,990 tCO2eq in the waste treatment stage. To reduce the carbon footprint of college canteens and form a low-carbon diet path, the joint efforts of students, universities, catering companies and the government are needed.

Keywords: Food waste; Carbon footprint; College canteens

（编辑：赫雪侠）