

我国食品加工学领域基础研究现状和发展趋势 ——基于国家自然科学基金申请和资助情况分析

高瑞昌^{1,5} 谢建华² 任红艳¹ 葛林梅³ 石嘉悻⁴ 杨新泉^{1*}

¹ 国家自然科学基金委员会生命科学部 北京 100085

² 南昌大学食品科学与技术国家重点实验室 南昌 330047

³ 浙江省农业科学院食品科学研究所 杭州 310021

⁴ 南京财经大学食品科学与工程学院 南京 210046

⁵ 江苏大学食品与生物工程学院 江苏镇江 212013

摘要 食品加工学是食品科学学科的基础学科和重要研究领域之一。本文统计分析了中国自然科学基金 2010—2013 年食品加工学基础领域面上项目、青年基金和地区基金 3 类项目的申请和资助情况,并对我国食品加工学基础领域的资助范围、研究现状和发展趋势以及未来重点支持领域进行了讨论。

关键词 国家自然科学基金; 食品加工; 基金项目; 研究现状; 发展趋势

文章编号 1009-7848(2013)12-0001-11

食品加工学以食品加工过程中组分结构与功能变化、生物变化与调控、生物合成与转化以及食品加工技术基础为主要研究内容,是食品科学学科的重要分支领域,在整个学科门类中具有重要的学术地位和影响力。食品加工过程中涉及的相关技术及其理论是食品科学和工业发展、壮大的基础。自 20 世纪以来,我国食品加工学研究取得了很大发展,产生了一系列重要的概念、理论和方法,为食品工业提供了大量具有自主知识产权的高新技术和产业化核心关键技术,推动了我国食品工业的进步和发展^[1],因此食品加工学领域的基础研究一直以来都受到广大科学研究者的高度重视。国家自然科学基金委员会(以下简称国家基金委)将食品加工学基础作为食品科学学科资助的重要领域之一,并在 2009 年设立的食品科学学科中将食品加工学基础研究作为重要资助领域之一,申请代码为 C2002(食品加工学基础)。这为我国食品加工学基础研究工作的进一步发展提供了有力支持。

随着科学技术的发展,食品加工学所涉及对象的复杂性越来越突出,所探讨的科学问题也越来越深入,出现了一系列的新问题和新领域,形成了新的学科生长点和科学前沿。这些变化既为食品加工学提供了发展的机遇,也使它面临巨大的挑战。本文通过对 2010—2013 年“食品加工学基础”领域国家自然科学基金项目申请与资助情况的统计分析,探讨我国食品加工学基础研究资助的范围、发展趋势以及未来的重点支持领域,为科研工作者了解该领域的基础研究方向和申报国家自然科学基金项目提供参考。

1 食品加工学基础领域项目申请和资助情况

1.1 项目申请和资助的总体概况

1.1.1 项目申请情况 食品加工学基础领域(申请代码 C2002)设立至今,4 年共受理 287 个单位 2 248 项面上项目、青年基金和地区科学基金,申请总数在整个学科所占比例比较稳定,2010、2011、2012 和 2013 年分别为 29.65%、29.26%、30.17%和 29.28%(表 1)。3 类项目 2010—2013 年度申请的总体情况见表 1。

收稿日期: 2013-12-24

基金项目: 国家自然科学基金项目(31240070)

作者简介: 高瑞昌,男,1976 年出生,博士,副教授

通讯作者: 杨新泉

表1 2010—2013年度食品加工学基础领域面上、青年和地区基金申请和资助情况

Table 1 The overall situation of proposals and funding of general program projects, the young scientists fund and fund for regions in food processing from 2010 to 2013

类别	年份	食品加工学 基础领域申 请数/项	食品学科总 申请数/项	比例/%	食品加工学 基础领域资 助数/项	食品加工学 基础领域申 请单位数/个	食品学科申 请单位总 数/个	比例/%	食品加工学 基础领域平 均每个单位 申请项数/项
面上	2010	241	837	28.79	53	95	191	49.74	2.52
	2011	307	1067	28.77	57	113	247	45.75	2.71
	2012	323	1105	29.23	61	119	257	46.30	2.72
	2013	292	928	31.46	64	112	236	47.46	2.61
青年	2010	117	395	29.62	29	73	146	50.00	1.60
	2011	214	756	28.30	56	114	227	50.22	1.88
	2012	247	857	28.82	48	119	284	41.90	2.07
	2013	246	919	26.76	66	120	300	40.00	2.05
地区	2010	45	127	35.43	9	23	40	57.50	1.91
	2011	61	166	36.74	16	27	42	64.29	2.26
	2012	88	219	40.18	24	35	54	64.81	2.51
	2013	71	233	30.47	21	35	60	58.33	2.03
合计	2010	403	1359	29.65	91	146	264	55.30	2.74
	2011	582	1989	29.26	129	178	353	50.42	3.26
	2012	658	2181	30.17	133	200	411	48.66	3.29
	2013	609	2080	29.28	151	186	409	45.48	3.27

2010年至2012年食品加工学基础领域面上项目、青年基金和地区基金3类项目总申请数分别为403项、582项和658项,呈持续增长态势,其中青年基金和地区基金申请数增长迅速,与2010年相比,2011年与2012年青年基金分别增长了82.91%和111.11%,地区基金分别增长了35.56%和95.56%。面上项目相对增长较缓,分别增长了27.39%和34.02%。分析申请数量增长的原因,可能有以下3个方面的因素:一是近年来随着国家对基础研究的重视,从事基础研究的队伍迅速扩大;二是由于自然科学基金经费快速增长,面上项目和地区基金资助强度大幅度增加(2012年面上项目资助强度达到80万/项^[2]),青年基金资助数量快速增长,所以极大地调动了广大科研人员申报的积极性;三是食品学科成立后,随着科研人员对食品学科自然科学基金认识的逐步深入,参与度愈来愈高。

2013年3类项目总申请数为609项,比2012

年减少49项,其中面上项目减少32项,地区基金减少17项(表1)。其原因可能是为了应对基金申请数量快速增加和工作人员数量不足的矛盾,2013年国家基金委对限项规定进行了调整,规定“上年度获得资助的项目负责人,本年度不得申请同类型科学基金项目;自2014年起,已经连续2年申请面上项目未获资助的项目申请人,暂停1年面上项目申请资格^[3]”。由此限制了一些科研人员的申报,导致申请数量减少。

表1列出的对项目申请单位的统计结果表明,2010—2012年食品加工学基础领域面上、青年和地区3类项目的申请单位数量快速增加,2010、2011和2012年分别为146、178和200个。2013年申请单位数呈下降态势,为186个(表1)。3类项目的申请单位数在整个学科所占比例,2010、2011、2012和2013年分别为55.30%、50.42%、48.66%和45.48%。其中青年基金和地区基金申请单位数呈增长趋势,面上项目2010—2012年呈增

长趋势,2013 年略有减少。4 年来平均每个单位申请项数依次为 2.74,3.26,3.29 和 3.27(表 1)。

食品加工学基础领域申请项目数排前 11 位的依托单位情况见表 2。申请项数位居前列的基

本是食品学科为传统优势学科的单位,如:江南大学、中国农业大学等。11 所依托单位申请项目总数为 643 项,占申请总数的 28.60%。

表 2 2010—2013 食品加工学基础领域申请项数和资助项目数前 11 名依托单位情况
Table 2 The top 11 research institutes of proposals and funding in food processing from 2010 to 2013

序号	申请项目数(面上/青年/地区)						资助项目数(面上/青年/地区)						资助率/%
	依托单位	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	合计	依托单位	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	合计	
1	江南大学	11/5/0	21/7/0	23/16/0	26/13/0	122	江南大学	4/3/0	6/1/0	7/4/0	8/9/0	42	34.43
2	东北农业大学	10/6/0	10/9/0	8/11/0	5/12/0	71	南京农业大学	4/1/0	3/1/0	4/2/0	3/1/0	19	35.85
3	河南工业大学	8/3/0	11/4/0	12/4/0	10/5/0	57	中国农业大学	3/2/0	3/1/0	4/0/0	4/1/0	18	32.14
4	中国农业大学	14/3/0	12/3/0	14/0/0	8/2/0	56	华南理工大学	3/1/0	1/0/0	4/2/0	1/5/0	17	32.08
5	西北农林科技大学	7/1/0	7/4/0	13/7/0	12/4/0	55	东北农业大学	2/2/0	3/2/0	3/1/0	1/3/0	17	23.94
6	华南理工大学	8/2/0	6/4/0	12/6/0	8/7/0	53	西北农林科技大学	1/1/0	3/2/0	1/1/0	2/3/0	14	25.45
7	南京农业大学	9/2/0	7/2/0	12/3/0	12/3/0	53	华中农业大学	3/1/0	1/1/0	1/4/0	3/0/0	14	28.00
8	华中农业大学	7/4/0	5/4/0	9/8/0	10/3/0	50	内蒙古农业大学	0/0/1	0/1/1	0/1/4	0/3/3	14	46.67
9	天津科技大学	7/2/0	9/4/0	9/2/0	12/3/0	48	天津科技大学	2/0/0	3/1/0	3/2/0	1/1/0	13	27.08
10	南昌大学	4/1/5	2/7/1	5/4/0	1/3/6	39	南昌大学	2/0/1	1/0/1	0/0/2	0/3/2	12	30.77
11	北京工商大学	5/1/0	5/6/0	4/6/0	5/7/0	39	北京工商大学	3/0/0	1/2/0	1/3/0	3/0/0	12	30.77
合计		102/36/12	106/64/11	132/87/11	131/87/6	643		33/13/2	27/17/2	32/23/6	32/37/5	228	

1.1.2 项目资助情况 2010—2013 年食品加工学基础领域面上、青年和地区 3 类项目平均资助率分别为 22.75%,22.20%,20.21%和 24.79%(图 1d)。4 年来共资助 504 项,平均资助率为 22.42%,高于食品科学学科 19.66%的平均资助率。2010—2013 年度该面上、青年和地区基金资助情况见图 1。

从图 1a 可以看出,该领域面上项目资助率明显高于当年食品科学学科平均资助率,2010—

2013 年分别高 3.57%,2.60%,2.74%和 3.82%。青年基金 2010、2011 和 2013 年的资助率分别为 24.79%,26.17%和 26.83%,分别比食品学科该类项目平均资助率高出约 3.08%,1.92%和 5.07%,而 2012 年资助率为 19.43%,比当年该类项目平均资助率低 2.27%(图 1b)。地区基金资助率近年来呈快速增长态势,与 2010 年相比,2011、2012 和 2013 年资助率分别增长了 5.78%,6.82%和 9.13%,且除 2010 年,其他 3 年均高出食品学科该

类项目平均资助率(图1c)。

表2列出食品加工学基础领域资助项目数排名前11位的依托单位统计结果。获资助排在前3位的是江南大学(42项)、南京农业大学(19项)、中国农业大学(18项)。前11位的依托单位获资助项目总数为228项,占资助总数的45.23%。4年面上项目平均资助率最高为南京农业大学(35.85%),其次为江南大学(34.43%)。4年来有233个依托

单位在食品加工学基础领域申请的项目获资助,但部分单位的资助率较低。这说明在我国食品加工学基础研究领域,虽然研究力量分布比较广泛,研究队伍比较大,但主要研究力量仍比较集中,少数研究单位的研究水平较高,优势比较明显。多数依托单位在该领域虽有较大的研究队伍,但基础研究水平还有一定差距,需要进一步提高。

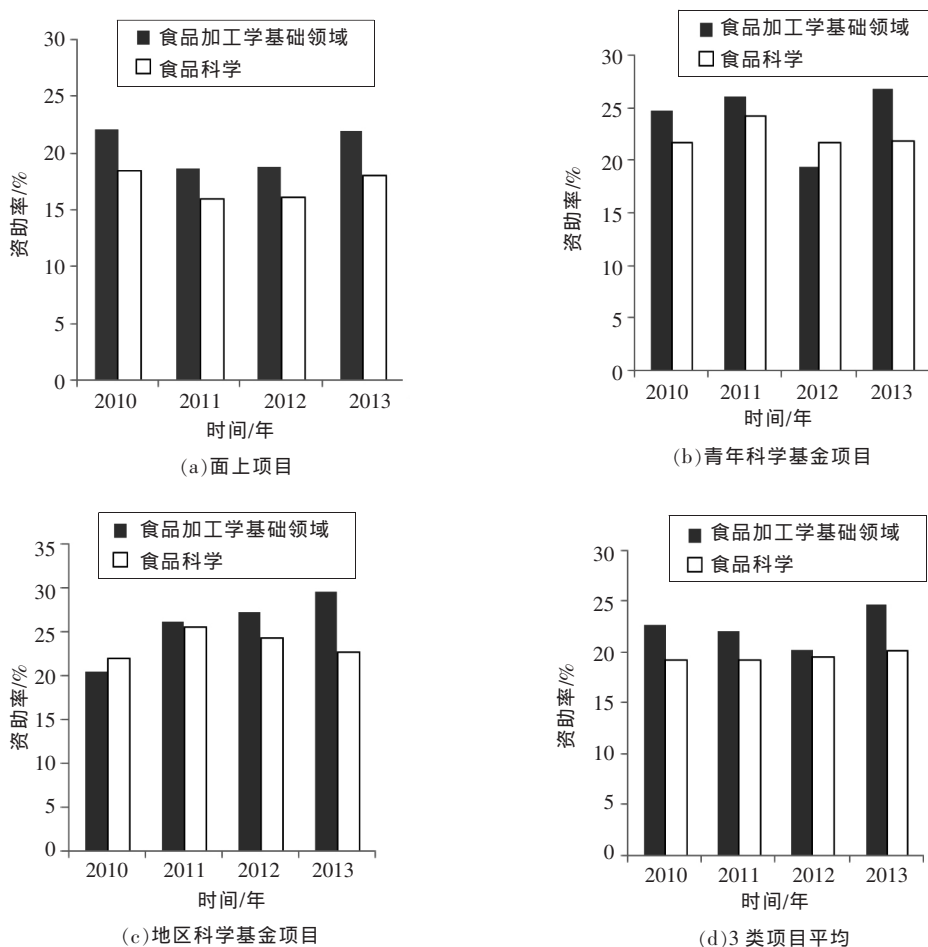


图1 2010—2013年度食品加工学基础领域面上、青年和地区基金资助情况

Fig.1 The overall situation of proposals and funding of general program projects, the young scientists fund and fund for regions in food processing from 2010 to 2013

1.2 申请和资助项目按学科代码与研究内容分布情况

由以上分析可知,食品加工学基础领域申请数量增长率和资助率要高于食品学科总体情况。为进一步了解食品加工学领域基础研究的状况,对2010—2013年度该领域面上、青年和地区基金

申请和资助情况按学科代码和研究方向分类进行了统计(见表3)。

1.2.1 按学科代码分布情况 食品加工学基础(C2002)领域分别设有食品油脂加工、制糖等11个分支代码。由于各分支学科的特点不同,各代码下的项目申请数和资助数差异较大(表3)。从表3

表 3 2010—2013 年度食品加工学基础领域申请和资助项目 3 级学科代码分布情况

各学科代码下项目申请数量与资助数量/项																							
类别	年份	食品油脂加工		制糖		肉加工		乳加工		蛋加工		水果、蔬菜加工		食品发酵与酿造		食品烘烤加工		调味食品		食品添加剂		饮料冷饮	
		申请	资助	申请	资助	申请	资助	申请	资助	申请	资助	申请	资助	申请	资助	申请	资助	申请	资助	申请	资助	申请	资助
		项	项	项	项	项	项	项	项	项	项	项	项	项	项	项	项	项	项	项	项	项	项
面上	2010	21	4	8	2	31	6	27	6	9	2	34	6	53	10	8	4	3	1	43	11	2	0
	2011	28	1	6	1	38	8	25	6	7	0	41	7	92	19	6	1	5	2	54	10	4	1
	2012	27	7	10	2	51	14	28	3	7	1	49	7	83	16	7	1	1	0	58	9	3	1
	2013	25	4	12	4	42	13	28	8	7	1	33	7	71	12	14	4	5	1	51	9	4	1
	合计	101	16	36	9	162	41	108	23	30	4	157	27	299	57	35	10	14	4	206	39	13	3
青年	2010	13	2	6	1	16	5	12	3	1	0	12	2	26	8	5	1	2	0	23	7	1	0
	2011	14	2	9	1	26	9	25	6	3	2	24	7	56	13	10	4	2	1	39	9	6	2
	2012	19	5	7	2	29	6	28	6	4	1	38	6	55	10	5	0	4	3	53	9	4	0
	2013	20	8	5	3	34	8	31	9	4	1	31	11	58	12	5	2	11	1	44	6	2	0
	合计	66	17	27	7	105	28	96	24	12	4	105	26	195	43	25	7	19	5	159	31	13	2
地区	2010	3	0	5	3	5	2	5	1	2	0	7	0	12	3	1	0	0	0	4	1	0	0
	2011	3	2	6	3	11	4	6	3	2	1	8	1	18	4	0	0	1	0	4	0	2	1
	2012	5	0	4	0	11	4	9	3	3	1	20	3	25	10	0	0	2	1	8	2	1	0
	2013	9	3	1	0	10	4	10	2	2	1	15	3	17	5	3	1	0	0	3	1	1	1
	合计	20	5	16	6	37	14	30	9	9	3	50	7	72	22	4	1	3	1	19	4	4	2
合计	2010	37	6	19	6	52	13	44	10	12	2	53	8	91	21	14	5	5	1	70	19	3	0
	2011	45	5	21	5	75	21	56	15	12	3	73	15	166	34	16	5	8	3	97	19	12	4
	2012	51	12	21	4	91	24	65	12	14	3	107	16	163	36	12	1	7	4	119	20	8	1
	2013	54	15	18	7	86	25	69	19	13	3	79	21	146	34	22	7	16	2	98	16	7	2
	合计	187	38	79	22	304	83	234	56	51	11	312	60	567	125	64	18	36	10	384	74	30	7

可以看出,食品发酵与酿造(C200207)的申请项目数最多,且增长速度较快,4年资助率分别为23.08%,20.48%,22.09%和23.29%,平均资助率为22.08%,在食品加工学基础3级代码中位于第7位(图2)。其次为食品添加剂(C200210),4年共计申请384项,依次为70,90,119和98项,资助率较低,4年平均资助率仅为19.27%,在食品加工学基础3级代码中位于倒数2位。水果、蔬菜加工(C200207)的申请项目数位列各分支代码第3位,2011年至2012年增长较快,较2010年分别增加了37.74%和101.89%,但2013年(79项)较2012年减少了28项,4年平均资助率为19.23%,在食品加工学基础3级代码中位倒数第1位(图2)。4年来只有食品油脂加工(C200201)和乳加工(C200204)两个分支学科的申请项目数逐年递增,分别从2010年的37项和44项,增长至2013年的54项和69项。

有的分支学科的申请项目相对较少,如饮料冷饮(C200211)的申请项目数最少,4年总申请数仅有30项,其次为调味食品(C200209)和蛋加工(C200205),4年总申请数分别为36项和51项,食品焙烤加工(C200208)4年来总申请数量也

仅为64项。值得注意的是这些申请项目相对较少的学科领域的资助率一般都比较低,如:制糖、食品焙烤加工、调味食品等领域的资助率都在27.25%以上,食品焙烤加工的资助率达到28.13%,这与基金促进薄弱学科发展的政策相一致。

与2012年相比,2013年食品加工学基础领域的申请项目数减少了49项,其中面上项目减少了32项,地区基金项目减少了17项,青年基金项目数量保持持平(表1)。资助项目数减少最显著的分支学科为“水果、蔬菜加工”,比2012年的107项减少了28项。另外“食品添加剂”和“食品发酵与酿造”也比2012年的119项和163项减少了21项和17项(表3)。这是导致该领域2013年申请项目数下降的主要因素。

1.2.2 按研究内容分布情况 对4年来该领域申请和资助项目的主要研究内容进行了分析,按其研究方向分为以下几类:风味形成、变化与调控,加工对食品组分、物性的变化,食品发酵与代谢工程,加工对食品品质与营养的影响,加工对微生物的影响,加工过程有害物质形成等(见表4)。

食品加工作业基础领域4年共申请2248项。从申请项目研究方向分布情况看,数量最多的是食品加工对食品品质与营养的影响,4年共计申请361项,资助81项,平均资助率为22.44%,在所有研究方向中位倒数第6位(图3)。其次是食品发酵与代谢工程,4年共计申请265项,资助59项,平均资助率为22.26%。申请数量第3位的研究方向是加工对微生物的影响(环境胁迫、生物合成及调控机制等),4年共计申请245项,资助62项,平均资助率为25.31%。食品加工对食品物性变化的研究申请数量也达到224项。食品加工对碳水化合物影响的申请数在所有研究方向中数量最少,4年仅82项,远低于食品加工对蛋白质与酶这一研究方向的188项。在所有研究方向中资助率最高的为食品加工对碳水化合物的影响,4年平均资助率为30.49%。资助率排在第2位的研究方向为食品加工对蛋白质与酶的影响,平均资助率为27.66%。食品加工对组分的变化1(蛋白质与酶、碳水化合物、脂质等),4年共计申请366项;资助99项,平均资助率为27.05%,远高于食品加工学基础研究领域22.42%的平均资助率(表

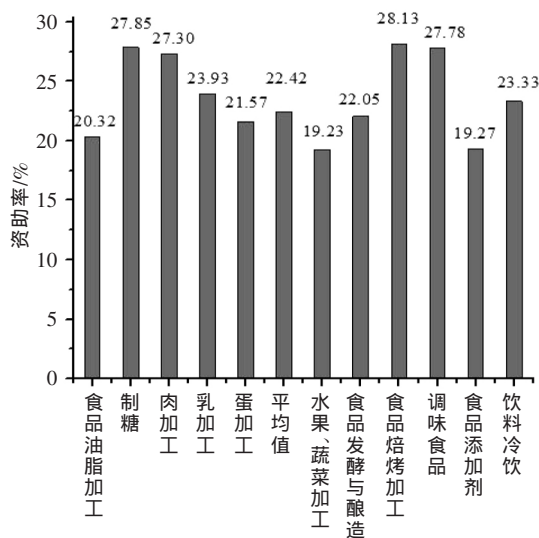
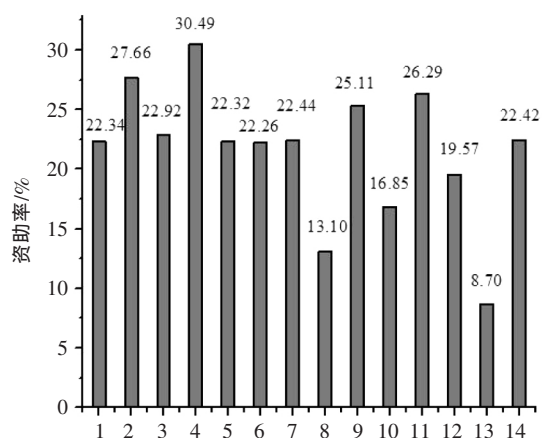


图2 2010—2013年度食品加工学基础领域各分支学科分布的资助情况

Fig.2 Proposals and funding for different research objects of food processing from 2010 to 2013



注:1.风味形成、变化与调控;2.加工对组分的变化 1(蛋白质与酶变化);3.加工对组分的变化 2(脂质及其他成分变化);4.加工对组分的变化 3(碳水化合物变化);5.加工对食品物性的变化;6.食品发酵与代谢工程;7.食品加工对食品品质与营养的影响;8.食品加工控制理论;9.加工对微生物的影响(环境胁迫、生物合成及调控等);10.食品添加剂与配料制造及稳态化;11.加工过程有害物质形成、迁移与控制;12.食品组分相互作用对食品品质及营养的影响;13.其他;14.平均值。

Fig.3 2010—2013 年度食品加工学基础领域按照研究方向分布的资助情况

Fig.3 Proposals and funding for different research directions of food processing from 2010 to 2013

4)。以加工中有害物质形成、迁移与控制为研究方向的申请项目不多,但增长很快,2013 年申请量是 2010 年的 2 倍,达 87 项,平均资助率 26.29%,在所有研究方向中位于第 3 位。

从资助项目研究方向分布情况(图 3)来看,食品加工学基础领域平均资助率为 22.42%。高于平均资助率的方向依次为食品加工对碳水化合物、蛋白质和酶、脂类的影响,食品加工对食品品质与营养的影响,加工过程有害物质形成、迁移与控制,加工对微生物的影响(环境胁迫、生物合成与调控机制)。其中食品加工对碳水化合物的影响的资助率最高,为 30.49%;其次是食品加工对蛋白质与酶的影响,资助率为 26.42%;研究加工过程有害物质形成、迁移与控制的项目资助率也达到 26.29%。而以食品添加剂与配料制造及稳态化和食品加工控制理论为研究对象的项目资助率最低,分别为 16.85%和 13.10%。加工对组分的变化 3(碳水化合物变化)、食品加工控制理论、食品组

分相互作用对食品品质及营养的影响、加工对组分的变化 2(脂质及其他成分变化)等方向申请数较少,分别为 82,84,92 和 96 项。值得注意的是随着食品加工学基础领域申请数量的快速增长,不在以上范围内的项目申请数量 4 年达到 69 项,但仅 6 项获资助,平均资助率为 8.70%。

2 我国食品加工基础领域研究特点与现状

2.1 食品加工学基础领域的研究范围

食品科学是一个涉及面较广的交叉学科,它包括了食品微生物学、食品加工、食品工程、食品化学等众多分支学科^[4]。食品加工学作为食品学科的重要分支,它本身也是一门涵盖面宽,涉及领域广的交叉科学,在学科体系上整合和应用了生物学、化学、物理学和工程学等基础学科,以及生物技术、信息技术、纳米技术等高新技术。食品加工学领域的基础研究内容从最初仅涉及食品加工过程的基本科学问题,发展到食品原料的生产、处理、加工途径以及加工途径对食品品质、加工性能和安全的影响等方面,涵盖了食品组分在加工过程中产生的物理、化学、生化变化以及对食品品质、营养和安全等特性的影响,还涵盖了加工过程控制方法与理论等。研究的对象门类众多、复杂多样。目前,国家基金委食品科学学科食品加工学基础领域资助的研究对象包括食品油脂加工、制糖、肉加工等 11 个分支学科。主要是围绕食品中碳水化合物、蛋白质及酶、脂类以及食品微生物等组分为对象^[5]。随着我国食品加工学基础领域研究的快速发展,研究对象更为复杂,研究内容更加深入和系统,与其他学科尤其是生物化学、食品化学和食品营养学交叉日益明显,因此导致少数基金项目申请人对食品加工学基础(C2002)资助范畴把握不够准确。实际上,在基金申请代码设置上,食品加工学基础领域与其他相关领域虽有交叉,但仍有明确的资助范畴,该代码划分是以主流食品等研究对象为依据,主要研究其加工制造过程中的生物学问题。申请人在项目的研究内容方面要注意与相关学科的交叉与区别:(1)生物化工与食品化工(申请代码 B0608)主要是以实验研究为基础、理论和工程应用并重,综合遗传工程、细胞工

Table 4 The distribution of research content of proposals and funding of food processing from 2010 to 2013

研究内容	食品油脂		制糖		肉加工		乳加工		蛋加工		水果、蔬菜		食品发酵与酿造		食品焙烤		调味品		食品添加剂		合计			
	加工		糖		肉加工		乳加工		蛋加工		水果、蔬菜		食品发酵与酿造		食品焙烤		调味品		食品添加剂		合计			
	申请项	资助项	申请项	资助项	申请项	资助项	申请项	资助项	申请项	资助项	申请项	资助项	申请项	资助项	申请项	资助项	申请项	资助项	申请项	资助项	申请项	资助项		
风味形成、变化与调控	3	1	1	0	45	8	8	2	2	1	36	8	59	11	7	2	14	5	13	4	0	0	188	42
加工对组分的变化1（蛋白质与酶变化）	18	4	8	2	48	16	38	11	15	3	16	4	19	6	4	1	3	0	19	5	0	0	188	52
加工对组分的变化2（脂质及其他成分变化）	48	10	0	0	9	2	3	0	2	0	23	7	6	1	0	0	1	0	3	1	1	1	96	22
加工对组分的变化3（碳水化合物变化）	6	1	20	6	0	0	3	1	0	0	11	5	4	2	11	3	0	0	26	7	1	0	82	25
加工对食品物性的变化	28	7	8	3	56	16	23	5	20	3	48	8	7	0	12	3	2	1	15	4	5	0	224	50
食品发酵与代糖工程	1	0	0	0	0	0	27	6	0	0	5	0	214	49	1	1	0	0	17	3	0	0	265	59
食品加工对食品品质与营养的影响	13	2	16	4	55	16	44	8	7	3	82	14	51	11	10	4	8	3	69	14	6	2	361	81
食品加工控制理论	11	0	8	2	11	1	1	0	2	0	33	6	9	1	1	0	0	0	6	0	2	1	84	11
加工对微生物的影响（环境胁迫、生物合成等）	5	1	5	2	8	2	45	16	0	0	7	0	155	36	1	1	3	0	15	4	1	0	245	62
食品添加剂与配料制造及稳定化	11	1	4	1	2	1	3	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	155	25	2	0	178	30
加工过程有害物质形成、迁移与控制	33	10	1	0	40	11	12	2	2	1	35	8	23	7	7	2	2	0	17	4	3	1	175	46
食品组分相互作用对食品品质及营养的影响	4	1	6	1	21	9	15	3	0	0	10	0	4	0	8	1	2	0	15	1	7	2	92	18
其他	6	0	2	1	9	1	12	0	1	0	6	0	15	1	2	0	1	1	14	2	2	0	69	6
合计	187	38	79	22	304	83	234	56	51	11	312	60	567	125	64	18	36	10	384	74	30	7	2248	504

程、酶工程与工程技术理论,通过工程研究、过程设计、操作的优化与控制,实现生物过程的目标产物,主要研究方向包括生物反应和反应器工程、生物分离工程、化学催化、生物与食品加工工艺、动植物细胞培养工程、生物过程检测与控制、生物制药工程。(2)食品营养学(申请代码 C200102)主要研究食品中的各种营养素和天然成分对保持人类营养与健康的功效、代谢、交互作用及调控机理^[6]。(3)食品生物化学(申请代码 C200101)资助的研究范围是以食品自身含有的碳水化合物、蛋白质及氨基酸、脂类、核酸、维生素、酶、功能性成分、生化反应产物以及与人体健康相关的小分子物质等组分为对象^[5],研究它们的结构与性质、变化规律、相互作用与调控以及对食品产生的影响等基础科学问题。而食品加工学基础领域研究侧重食品组分在加工过程中的变化、相互作用及调控机制等基础研究,为食品的加工、贮运、营养及安全的深入研究提供理论支撑和应用基础。近 3 年有较多属于食品营养学研究范畴的项目在食品加工学基础代码下申报,如食品成分营养组分的功能性研究以及不涉及加工的食品分子营养学研究等。

考虑到近几年食品学科的发展变化和基金申请代码的状况,为进一步梳理和规范食品学科,2013 年基金委在充分调研的基础上对食品学科的申请代码进行了调整,并计划于 2014 年申请项目时开始使用。针对食品加工学基础领域的状况,拟将一些学科代码重新整合、归类合并。如:蛋加工,每年申报数仅在 10 项左右,将肉、乳、蛋加工重新整合在一起,设置“畜产食品加工”申请代码;食品焙烤加工、调味食品的申报数量很少,将食品油脂加工、食品焙烤加工、调味食品重新整合,设置“粮油食品加工”申请代码。另外,水产食品加工的申报数量较多,增长也较快,但现有申请代码没有为其设置专门的代码,使该领域的申报项目投送学科比较混乱。为促进水产食品加工领域的发展,将设立“水产食品加工”申请代码。食品发酵与酿造的申请数量在食品加工领域最多,4 年达到 567 项,且该领域研究有其自身的特点。将发酵与酿造从“食品加工”中独立出来,与食品微生物等相关的代码重新整合,设置为与“食品加工”平行的申请代码。

2.2 食品加工学基础领域的研究现状与特点

国家自然科学基金是资助食品加工学基础研究的主要渠道之一,从基金项目申请和资助的情况可基本反映我国在此领域的基础研究状况和趋势。对 2010—2013 年食品加工学基础领域基金项目的申请和资助情况进行分析,该领域研究主要呈现出以下特点:

2.2.1 科学问题凝练不够,研究深度有待加强

目前,食品加工学基础领域的研究较多停留在对加工全过程食品品质、组分以及有害物等的形成、变化和机制的研究上,缺乏基于加工共性问题而凝练的科学目标与思维,研究内容往往关注表面现象的探讨,深度不够。例如在“加工对组分的变化”研究中,对加工过程中蛋白、糖和脂质等大组分的结构、变化规律及功能分析的研究较多,需要进一步透过现象挖掘科学本质,加强食品加工关键过程控制的理论基础研究。例如“pH 修饰豌豆蛋白调控肉蛋白/PUFA/多酚复合物中蛋白氧化稳定性和凝胶强化的机理研究”、“基于微压诱导豆乳蛋白粒子形成机制及其结构表征”、“食品油炸过程中油脂的吸收机理及其调控机制”等项目因为研究得较为深入而获得了资助。在加工过程食品组分相互作用及其对食品营养、加工特性及食品品质的影响研究方向上,应加强食品组分在加工过程中变化的分子基础及其行为效应,以及在复杂加工过程中食品品质和新物质形成和演化的量化规律的研究^[7]。同时,对加工过程中有害物质的形成、迁移与控制的研究,应在有害物鉴定、形成机理研究基础上,进一步深入研究其迁移、降解以及调控机制。例如“凉州熏醋传统酿造过程微生物群落演替对四甲基吡嗪形成的影响”、“基于失活微生物细胞的苹果汁中展青霉素去除方法与分子机制”等项目均成功获得资助。

2.2.2 以食品加工过程中的关键和共性科学问题为导向,学科交叉不断深入 由于食品加工过程的复杂性,食品加工原料的多样性,所以食品加工学基础领域研究的内容和问题本身就具有多学科知识领域的横跨性、交叉性和互渗性,就需要广泛采用生物学、化学、微生物学、物理学基础学科以及材料学、信息学、电子学等新学科的知识和技术,这决定了食品加工学的学科交叉属性。在自然

科学基金项目分类中,化学学部也有部分与食品加工学基础相关的研究领域,如生物化工与食品化工(B06),这从一个侧面反映了食品加工学的交叉属性^[8]。通过分析2013年度食品加工学基础资助项目的研究内容与方向发现,学科的交叉性日益彰显。除化学科学部外,与本学部的农学基础与作物学、动物学、植物学、微生物学等学科的交叉也越来越明显,研究内容和手段也更加丰富和先进,为食品加工学基础学科的全面、快速和深入发展提供了有效的保证。同时,随着食品加工技术的不断进步,挤压/膨化、微胶囊化以及现代生物技术等新技术的推广应用,促进了食品加工学更加趋向于多个基础学科和新学科的交叉融合。以食品加工过程中的关键和共性科学问题为导向,突破传统研究偏重于技术、概念和手段的束缚,加强方法学和基础理论的交叉,利用多学科手段开展深入研究,已经成为食品加工学基础领域研究的一个特点。

3 食品加工学基础领域应重点关注的研究方向和趋势

食品科学学科优先发展领域应该关注国际前沿和热点科学问题,鼓励具有我国优势和特色的研究领域。鼓励以解决食品产业发展和人类营养与健康相关科学问题为目标的基础研究,注重对新兴研究领域、交叉领域、新的生长点以及方法创新的支持^[9]。通过对4年来食品加工学基础领域申请和资助项目研究内容的分析表明,食品加工学基础领域的研究存在研究深度不够,内容宽泛,重技术应用轻理论研究和原创性不强等问题。根据目前国际和国内食品加工学基础领域发展的特点和规律,今后该领域将以食品蛋白质、碳水化合物、脂质等为主要研究对象,针对基础科学问题开展深入系统的研究来提升该领域的研究水平,并重点关注以下方向的研究。

3.1 食品加工过程中食品组分的变化机理研究

食品是一个复杂的多组分体系,在其加工过程中涉及到的一系列变化均会影响食品的品质、营养功能和安全性。目前,国内研究食品加工过程中食品组分的变化机理还比较浅,主要研究食品的化学本质、分析方法等,而对其生物学变化,包

括变化途径,加工过程对其影响及其机理等知之甚少,需要进一步系统研究^[7]。着重研究食品组分在加工过程中的化学、物理、生物学变化与规律及其对食品品质、营养和安全的影响;研究食品组分在复杂体系中的不同加工方式,该条件下其结构和性质的变化及其对加工、贮藏性能的影响,不同加工条件下的响应机制;探讨食品加工过程中多组分的相互作用及其对食品营养、加工特性、品质和安全的影响,为营养、安全的食品理性设计和生产提供理论基础。

3.2 食品加工的控制理论与基础

食品加工技术是食品工业现代化水平的决定性因素,而我国相关基础理论研究较为薄弱,在一定程度上限制了加工新技术的实际应用。今后,需重点关注食品加工过程中食品组分的特性变化与构效,以及对健康安全的效应。基于健康安全的食品加工过程优化与控制,如相关反应动力学控制、系统优化及集成技术等的基础和应用方法研究;基于健康安全的食品加工过程技术、集成与控制,食品加工过程的绿色和节能的相关控制理论研究。由于食品内部组分的复杂性和可变性等特性,对其加工理性控制更具有挑战性,需着重加强本领域和交叉领域新技术在食品加工应用的基础研究。

3.3 食品加工过程中的微生物变化与调控机制

微生物作为食品工业的核心主体,其生理功能的调控与优化是提高食品微生物制造过程效能的关键。食品加工过程中微生物的变化与食品的营养、品质与安全等方面息息相关,需着重研究菌种的筛选与构建技术,代谢产物生化合成途径的改造,目标代谢产物合成效率的提高途径。本领域重要的科学问题有:①微生物在食品加工过程中的变化机制以及外界环境的应答机制;②食品加工过程微生物的生化变化规律及其对食品品质、营养和安全的影响;③食品微生物在发酵食品加工过程中的作用机制,有益微生物在食品加工中的调控机制;④食品加工过程中微生物的生物合成与生物转化调控。

3.4 食品加工过程中有害产物的产生、迁移及控制

食品组分在食品加工过程中往往因加工参数

而引起诸多变化。这些变化有的可以赋予食品特殊的风味、营养功能和优良的产品品质,同时也会产生一些有害物质,带来安全隐患。食品安全问题与国民健康和食品产业发展密切相关,食品加工过程中有害产物的产生、迁移及控制已引起国内外学术界的高度关注。面前在这一领域的研究还不够深入,对一些有害物质的产生机理以及对食品加工过程产生的新物质是否有害还知之甚

少,缺乏扎实的基础研究和理论。迫切需要对食品加工过程中所产生的生物化学反应及反应产物进行探索,深入了解有害物质在加工过程中的复杂变化过程,解析产生的产物以及形成的具体途径,并通过严谨的毒理评价,阐明其形成机理,为建立有效的控制方法、食品加工安全性系统提供理论基础和预警体系。

参 考 文 献

- [1] Benjamin K. Simpson. Food biochemistry and food processing[M]. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. 2012.
- [2] 国家自然科学基金委. 2012 年度国家自然科学基金项目指南[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [3] 国家自然科学基金委. 2013 年度国家自然科学基金项目指南[M]. 北京: 科学出版社, 2013.
- [4] Norman N. Potter, Joseph H. Hotchkiss. Food science[M]. New York: Chapman & Hall, 1995.
- [5] 高瑞昌, 邓乾春, 徐鑫, 等. 食品生物化学领域基础研究现状和发展趋势——基于国家自然科学基金申请和资助情况的分析[J]. 生命科学, 2013, 25(3): 249-256.
- [6] 杨新泉, 吕淑梅, 彭喜春, 等. 从基金申请和资助情况分析我国食品营养学基础研究发展状况[J]. 中国食品学报, 2012, 12(1): 1-9.
- [7] 杨新泉, 刘元法, 任红艳, 等. 食品中组分变化与调控研究进展及热点——第 70 期“双清论坛”综述[J]. 中国科学基金, 2012, 3: 146-149.
- [8] 周光宏, 宋华明. 食品科学学科: 亦工亦农与独立学科门类[J]. 学位与研究生教育, 2012, 9: 58-63.
- [9] 国家自然科学基金委员会, 中国科学院. 未来 10 年中国学科发展战略—农业科学[M]. 北京: 科学出版社, 2012.

Status and Trends in Food Processing Research in China

——Based on the Analysis of Application and Funded Project in NSFC

Gao Ruichang^{1,5} Xie Jianhua² Ren Hongyan¹ Ge Linmei³ Shi Jiayi⁴ Yang Xinquan^{1*}

⁽¹⁾Department of Life Sciences, National Natural Science Foundation of China, Beijing 100085

⁽²⁾State Key Laboratory of Food Science and Technology, Nanchang University, Nanchang 330047

⁽³⁾Institute of Food Science, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310021

⁽⁴⁾School of Food Science and Engineering, Nanjing University of Finance and Economics, Nanjing 210003

⁽⁵⁾School of Food and Biological Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, Jiangsu)

Abstract Food processing is the basic and important research field of food science discipline. We present here an overview of application and funded project of three main programs in NSFC (National Natural Science Foundation of China) in the last four years (2010—2013), which including General Program, Fund for Young Scientist, and Fund for Less Developed Regions. Moreover, the scope of basic research funding, developing status and trends, future focus areas of support in food processing are also discussed based on the analysis of the related data.

Key words National Natural Science Foundation; food processing; fund project; development status; development trends