

红茶粉挤压微细化研究及其方块酥产品的开发

潘斌, 罗义发, 刘顺春 (宁德职业技术学院生物技术系, 福建福安 355000)

摘要 [目的]优化红茶粉挤压粉碎工艺参数,以及红茶粉方块酥产品的制作工艺参数。[方法]采用福建省福安市出产的坦洋功夫红茶茶叶,将其粉碎添加到方块酥中研制红茶粉方块酥。红茶粉采用双螺杆挤压工艺结合超微粉碎集成技术能获得较细的粒度,试验对红茶粉双螺杆挤压工艺参数和红茶粉超微粉碎工艺参数进行优化,并探讨红茶粉的粒度对红茶粉方块酥咖啡碱含量和感官品质的影响。[结果]红茶粉方块酥最佳配方组合:以面粉为基数添加超微红茶粉4%、油脂50%、糖14%、鸡蛋15%。在此条件下研制的红茶粉方块酥感官品质最好,感官评分为90.50分,方块酥咖啡碱含量为0.062%,有效成分(主要是指咖啡碱)含量最高。[结论]该试验与传统工艺采用超微粉碎制备的红茶粉方块酥比较,各项性能指标都有提高,可显著改善方块酥的食用品质。

关键词 双螺杆挤压;超微粉碎;红茶粉方块酥

中图分类号 TS272 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2017)28-0095-04

Study on the Extrusion Refinement of Black Tea Powder and the Development in Cubic Pastry

PAN Bin, LUO Yi-fa, LIU Shun-chun (Department of Biotechnology, Ningde Vocational and Technical College, Fu'an, Fujian 355000)

Abstract [Objective] The technological parameters of extrusion and grinding of black tea powder were optimized, and the processing parameters of black tea powder and box crisp products were also optimized. [Method] The production of black tea powder was added to the cubic pastry, which was produced in Fu'an City, Fujian province. Tea powder with fine granularity would be obtained by twin-screw extrusion process with integrated superfine grinding technology. The technological parameters of twin screw extrusion of black tea powder and superfine grinding parameters of black tea powder were optimized. The influences of particle size and adding method of black tea powder on caffeine content and sensory quality in cubic pastry were investigated. The optimization of process parameters were also studied. [Result] The final formula of black tea cubic pastry was as follows: black tea powder 4%, fat 50%, sugar 14%, egg 15%. The best sensory quality of black tea cubic pastry, and sensory score of 90.50, and the caffeine content of 0.062%, and the higher content of effective components (mainly refers to caffeine) were received by above formula. [Conclusion] The performance indicators were improved by comparing of black tea cubic pastry in this experiment with the traditional process, significantly. It would be beneficial to improving the edible quality of the cubic pastry.

Key words Twin-screw extrusion; Superfine grinding; Black tea powder cubic pastry

红茶是鲜茶经过萎凋、揉捻、发酵和干燥工艺而制成的一种全发酵茶。红茶在萎凋过程中,由于酶促的氧化作用,使基础芳香物质产生自身氧化或复合氧化,芳香物质增至100多种;当经过揉捻、发酵和干燥后,芳香物质增至300多种。因此,红茶香味浓郁、独特。红茶含有天然红色素,其品性温和,味道醇厚,除含多种水溶性维生素外,还富含微量元素钾及类黄酮化合物,是一种良好的保健食品^[1-2]。此外,红茶与其他未发酵茶和半发酵茶相比,咖啡碱含量较高^[3-4]。咖啡碱是一种生物碱,具有兴奋中枢神经、提神恢复疲劳、强心活血和提高循环系统功能等作用,在食品和医药行业有广泛的应用。

方块酥原是台湾风味食品,呈方形块状,香酥酥脆,有着浓浓的奶油与芝麻香,是茗茶时极佳的茶点,颇受消费者喜爱。目前,市场上所销售的方块酥是以小麦粉为主要原料焙烤而成的制品,表面再附上果仁颗粒等,花色方块酥品种较少见,品种相对单一。

该研究采用双螺杆挤压工艺结合超微粉碎集成技术制备红茶粉,利用双螺杆挤压技术的高温、高压和高剪切作用,使红茶细胞破壁,红茶香味物质和有效成分(主要是指咖啡碱)溶出;然后通过超微粉碎的细化作用,使红茶粉粒度降至80 μm以下。将红茶粉添加到方块酥中开发花色方块酥,使

研制的方块酥红茶香味浓郁,有效成分(主要指咖啡碱)含量提高,红茶粉无延展性和可塑性,添加到面团中,能削弱面筋作用,改善方块酥内部纹理,使研制的方块酥组织细腻、香酥酥脆、红茶香味浓郁、有良好的食用品质。

1 材料与方法

1.1 材料 面粉、坦洋功夫红茶茶叶、低筋粉、中筋粉、天然奶油、植物油、新鲜鸡蛋、白砂糖、纯净水、蜂蜜、芝麻等,均为市购。

主要设备:GPSJ-8型粉碎机;SHJ-30型双螺杆挤压机;CWJ-30型超微粉碎机;远红外电热食品烤炉,广东多丽食品机械有限公司。

1.2 评价指标测定

1.2.1 咖啡碱含量。按GB/T 8312—2002《茶 咖啡碱测定》的方法测定^[5]。

1.2.2 细胞破壁率。用革兰氏染色剂进行染色,破壁的茶叶细胞呈粉红色,而未破壁的茶叶细胞呈蓝紫色,分别计数,并采用相同的稀释度用雪球计数板进行镜检计数,计算破壁率。

$$\alpha(\%) = [c - c' \times n_1 / (n_1 + n_2)] / c \times 100\%$$

式中, α 为破壁率(%); c 为破壁前的细胞数(相同稀释倍数); c' 为破壁后的细胞数(相同稀释倍数); n_1 为染色后呈紫色的细胞数; n_2 为染色后呈粉红色的细胞数。

1.2.3 红茶粉粒度。用粒度分析仪测定。

1.3 红茶粉方块酥的研制

1.3.1 工艺流程。方块酥生产工艺如下:油酥材料混合→油皮材料混合→油酥油皮混合→静醒→辊压、折叠、擀成长方形→分割、整形→烘烤→冷却→包装。

基金项目 2013年福建省科技厅星火计划项目(2013S0066);2013年国家技术创新基金项目(13C26213502909);2013年宁德市第二批指导性科技计划项目(20130050)。

作者简介 潘斌(1965—),女,福建福安人,副教授,从事茶叶深加工、焙烤食品加工、食品营养研究。

收稿日期 2017-07-19

1.3.2 操作要点。①粗碎。将干红茶茶叶(含水量约为6%)置于粉碎机中进行粗碎,获得红茶粗粉;粉碎在进料量30 kg、转速3 000 r/min的条件下进行6 min。②双螺杆挤压处理。将红茶粗粉以10~35 kg/h的速率喂入双螺杆挤压机的喂料槽中,同时在挤压机辅料入口处用水以喷雾的形式对红茶粗粉进行加湿;挤压机的转速、温度分别设置为转速100~140 r/min,温度130~150℃,加湿量为2~3 kg/h。③超微粉碎处理。将双螺杆挤压粉在茶叶粉的进料量为20~30 kg;超微粉碎的条件为粉碎机转速5 000~5 500 r/min,粉碎时间5~10 min的条件下进行超微粉碎,获得红茶超微粉。将茶粉用水溶解,稳定10 min。④方块酥配方。油皮:中筋粉100 g、超微红茶粉4~12 g、鸡蛋20~40 g、盐2 g、水、蜂蜜和芝麻等适量。油酥:低筋粉100 g、白糖28~36 g、植物油30~50 g、黄油30~50 g。⑤原料混合。油皮原料混合成团,静置30 min,油酥材料倒入容器中,然后将油酥材料用手捏成沙状,将油皮材料擀成长方形薄片,油酥材料倒入面片上,将面片1/3向上折,再将对面1/3向下折。⑥辊压、折叠、整形。擀成长方形,盖保鲜膜放置15 min。再擀长,左右向中间折,反复擀折,达100~108层。层次越多,产品的酥性越好。再擀成4 mm厚度的长方形,然后用刀切成6 cm×3 cm的方块。⑦烘烤。摆好后在每个饼坯刷上蛋浆,撒上芝麻或花生碎、核桃碎、杏仁碎等,即可放入预热过的烤箱中,烘烤温度控制在上火温度200℃,下火温度180℃,烘烤时间为20 min即可。⑧成品包装。将烘烤好的成品取出,自然冷却至25℃,剔除不合格成品,单块包装即可。⑨红茶方块酥的品质评价标准。参照糕点通用技术和茶饼干的品质评价标准制定红茶方块酥的品质评价标准^[6-7](表1),对每组样品进行打分,共选择10人对方块酥进行品评,最后计算取平均值记录。

表1 红茶粉方块酥品质评价标准

Table 1 Quality evaluation criteria of black tea powder cubic pastry

项目 Item	要求 Demand	权重 Weights %	分数 Score
形态 Shape	外形整齐,薄厚一致,底部平整,小变形,小收缩,无缺损	20	20
色泽 Color	色泽呈棕色,色泽基本均匀,表面略带光泽	20	20
滋味 Relish	酥松爽口,甜咸适度,口味纯正,具有茶香	30	30
气味 Odor	无异味		
组织 Organization	气孔分布均匀大小一致无不规则大空洞,无糖粒、无粉块	30	30
口感 Taste	细腻		
总分 Total score		100	100

2 结果与分析

2.1 挤压方式对红茶粉细胞破壁率和咖啡碱溶出量的影响 将红茶茶叶分别进行单螺杆挤压破壁处理和双螺杆挤压破壁处理,处理条件如下:进料量30 kg/h、加湿量3 kg/h、挤压温度130℃、挤压机转速100 r/min。结果如表2所示。

由表2可知,经双螺杆挤压工艺制备的红茶粉细胞破壁

率和咖啡碱溶出量均高于单螺杆挤压制备的红茶粉,这是因为,在单螺杆挤压破壁的过程中,一部分红茶粉粘在螺道上随螺杆转动,没受到剪切作用,使红茶细胞破碎率低,咖啡碱溶出量少;而双螺杆挤压螺纹相互交错,粘在螺道上的红茶粉可被螺纹刮下来继续受到剪切作用,因此,红茶细胞破壁率和咖啡碱溶出量相对较高。在以下的试验中,将选择采用双螺杆挤压使红茶细胞破壁。

表2 不同挤压方式对红茶粉细胞破壁率和咖啡碱溶出量的影响

Table 2 Effects of different extrusion methods on cell wall breaking rate and caffeine content of black tea powder %

挤压方式 Extrusion method	破壁率 Efficiency of fragmentation	咖啡碱溶出量 The amount of caffeine dissolved
单螺杆挤压 Single screw extrusion	39.81	0.81
双螺杆挤压 Twin screw extrusion	62.09	1.28

2.2 红茶粉双螺杆挤压破壁工艺的研究 双螺杆挤压具有混合、加热、剪切等多种作用。物料经挤压,细胞壁破裂,组织细化,有效成分溶出量增加。该试验将加湿量、挤压温度和挤压转速3个因素设计了单因素试验,根据单因素试验结果设计采用正交试验进行优化,以获得双螺杆挤压红茶粉工艺的最佳工艺参数。因素水平设计及试验结果分别如表3和表4所示。

表3 双螺杆挤压红茶粉工艺 $L_9(3^4)$ 正交试验因素水平

Table 3 Factor and level design of $L_9(3^4)$ orthogonal test with twin-screw extrusion black tea powder technology

水平 Level	因素 Factor		
	加湿量(A) Humidification kg/h	挤压温度(B) Extrusion temperature ℃	挤压机转速(C) Extruder speed r/min
1	1.5	135	110
2	2.0	140	120
3	2.5	145	130

表4 双螺杆挤压红茶粉工艺正交试验结果

Table 4 Result of orthogonal test with twin-screw extrusion black tea powder technology

试验号 Test number	因素 Factor			细胞破壁 率(Y_1) Cell breaking rate//%	咖啡碱溶出量(Y_2) Amount of caffeine dissolved//%
	A	B	C		
1	1	1	1	70.18	1.64
2	1	2	2	72.85	1.72
3	1	3	3	73.85	1.84
4	2	1	2	72.31	1.77
5	2	2	3	74.09	1.79
6	2	3	1	75.12	1.82
7	3	1	3	73.27	1.75
8	3	2	1	75.22	1.87
9	3	3	2	76.34	1.91

$\bar{K}_{(Y_1)1}$ 72.29 71.92 73.51

$\bar{K}_{(Y_1)2}$ 73.84 74.05 73.83

$\bar{K}_{(Y_1)3}$ 74.94 75.10 73.74

$R_{(Y_1)}$ 2.65 3.18 0.33

$\bar{K}_{(Y_2)1}$ 1.73 1.72 1.78

$\bar{K}_{(Y_2)2}$ 1.79 1.79 1.80

$\bar{K}_{(Y_2)3}$ 1.84 1.86 1.79

$R_{(Y_2)}$ 0.11 0.14 0.02

从表 4 中可以看出,影响红茶细胞破壁率高低和咖啡碱溶出量大小的主次因素均为 $B > A > C$,即挤压温度影响最大,其次是加湿量,挤压机转速影响最小。双螺杆挤压红茶粉的最佳工艺参数是 $A_3B_3C_2$,即加湿量为 2.5 kg/h,挤压温度为 145 ℃、挤压机转速为 120 r/min 时,红茶细胞破壁率最高,咖啡碱溶出量最大,分别为 76.34% 和 1.91%。

2.3 红茶粉超微粉碎工艺研究 将红茶双螺杆挤压粉进一步采用超微粉碎机进行粉碎。该试验将红茶粉超微粉碎工艺的 3 个因素,即进料量、粉碎机转速和粉碎时间设计了单因素试验。根据单因素试验结果设计正交试验进行优化,以获得超微粉碎制备红茶粉方块酥的最佳工艺参数。因素水平设计见表 5,正交试验结果见表 6。

表 5 超微粉碎制备红茶粉方块酥的 $L_9(3^4)$ 正交试验因素水平

Table 5 Factor and level design of $L_9(3^4)$ orthogonal test for preparation of black tea powder cubic pastry by superfine grinding

水平 Level	因素 Factor		
	进料量(A) Charging rate//kg	粉碎机转速(B) Shredder speed r/min	粉碎时间(C) Smashing time min
1	23	4 800	5
2	25	5 000	6
3	27	5 200	7

表 6 超微粉碎制备红茶粉方块酥的正交试验结果

Table 6 Result of orthogonal test for preparation of black tea powder cubic pastry by superfine grinding

试验号 Test number	因素 Factor			红茶粉粒度 (Y_1) Size of black tea powder// μm	咖啡碱溶出量(Y_2) The amount of caffeine dissolved//%
	A	B	C		
1	1	1	1	82	2.31
2	1	2	2	85	2.19
3	1	3	3	87	2.27
4	2	1	2	84	2.41
5	2	2	3	83	2.15
6	2	3	1	71	2.48
7	3	1	3	89	2.23
8	3	2	1	77	2.35
9	3	3	2	75	2.33
$\bar{K}_{(Y_1)1}$	84.67	85.00	76.67		
$\bar{K}_{(Y_1)2}$	79.33	81.67	81.33		
$\bar{K}_{(Y_1)3}$	80.33	77.67	86.33		
$R_{(Y_1)}$	5.33	7.33	9.67		
$\bar{K}_{(Y_2)1}$	2.26	2.32	2.38		
$\bar{K}_{(Y_2)2}$	2.35	2.23	2.31		
$\bar{K}_{(Y_2)3}$	2.30	2.36	2.22		
$R_{(Y_2)}$	0.09	0.13	0.16		

从表 6 中可以看出,超微粉碎工艺影响红茶粉粒度和咖啡碱溶出量的因素主次顺序依次是 $C > B > A$,即粉碎时间影响最大,其次是粉碎机转速,进料量影响最小,最佳工艺参数是 $A_2B_3C_1$,即进料量为 25 kg、粉碎机转速为 5 200 r/min,粉碎时间为 5 min 时,红茶粉粒径最小,咖啡碱溶出量最高,分别为 71 μm 和 2.48%。

2.4 红茶粉对方块酥咖啡碱含量和感官品质的影响

2.4.1 红茶粉粒度对方块酥咖啡碱含量和感官品质的影响 将 4% (以面粉质量为基准,下同) 不同粒度的红茶粉加入水中,调成茶浆,稳定 15 min,加入面粉中,调制面团,研制红茶

粉方块酥,结果如表 7 所示。

表 7 不同粒度红茶粉对方块酥咖啡碱含量和感官品质的影响

Table 7 Effect of different sizes of black tea powder on the content of caffeine and sensory quality of square cracker

粒度 Granularity μm	咖啡碱含量 Caffeine content %	感官品质 Sensory quality
400	0.016	方块酥表面可以看到红茶粉颗粒,质地不均匀,口感粗糙,红茶香味较淡
200	0.036	方块酥表面有少量红茶粉颗粒,质地较均匀,口感略为粗糙,红茶香味较浓
80	0.058	方块酥表面无可见红茶粉颗粒、质地均匀,口感细腻,红茶香味较浓

从表 7 得知,红茶粉的粒度越小,制得的红茶粉咖啡碱含量越高,感官品质越好。因此,在生产条件允许的情况下,应尽量减小红茶粉的粒度,以获得食用品质较高的红茶粉方块酥。

2.4.2 单因素试验与正交试验设计。按照超微红茶粉方块酥的基本制作流程,设计了单因素试验。根据单因素试验结果,设计采用了 $L_9(3^4)$ 正交试验,优化超微红茶粉方块酥的最佳生产工艺,正交试验因素与水平设计见表 8,红茶粉方块酥研制的正交试验与极差分析结果见表 9。

表 8 红茶粉方块酥研制的正交试验因素与水平设计

Table 8 Factor and level design of orthogonal test for the development of black tea powder cubic pastry

水平 Level	因素 Factor			
	茶粉 Teapower (A)	油脂 Far (B)	糖 Sugar (C)	鸡蛋 Egg (D)
1	2	30	14	10
2	4	40	16	15
3	6	50	18	20

表 9 红茶粉方块酥研制的正交试验结果

Table 9 Result of orthogonal test for the development of black tea powder cubic pastry

试验号 Test number	因素 Factor				感官评定总分 Total score of sensory evaluation
	A	B	C	D	
1	1	1	1	1	76.43
2	1	2	2	2	82.52
3	1	3	3	3	83.45
4	2	1	2	3	80.21
5	2	2	3	1	85.05
6	2	3	1	2	90.50
7	3	1	3	2	78.64
8	3	2	1	3	81.28
9	3	3	2	1	83.35
\bar{K}_1	80.80	78.42	82.74	85.46	
\bar{K}_2	85.25	82.95	82.03	83.88	
\bar{K}_3	81.09	85.77	82.38	81.65	
R	4.45	7.35	0.71	3.81	

由正交试验结果得知,极差 R 的大小顺序为 $B > A > D > C$;最佳方案为 $A_2B_3C_1D_2$,即说明在红茶粉方块酥制备过程中,影响其质量程度依次为油脂、超微红茶粉、鸡蛋、糖,油脂的添加量对方块酥的口感、风味、色泽影响较大,红茶粉的添加量对方块酥品质的影响其次。红茶粉添加太多,方块酥口感变粗糙,颜色变黑,而且有茶的苦味,食用品质大为降低,所以红茶粉的添加量以 4% 适宜。鸡蛋和糖对方块酥品

质影响较小。因此最佳配方组合为添加油脂 50%、红茶粉 4%、糖 14%、鸡蛋 15%，其余的辅料添加量均为食盐 1%、蜂蜜、水、芝麻或核桃、杏仁适量（各因素及辅料添加量以面粉为基数）^[7-8]。

按照最佳配方组合制作的红茶方块酥产品外形较均匀，红褐色，酥脆，味微甜，具有茶香味，横断面结构层次分明，整体感官评定总分为 90.50 分。结果表明，正交试验得出的最优组合是符合实际的。

2.5 试验工艺的先进性 试验采用挤压工艺结合超微粉碎集成技术制备的红茶粉和研制的红茶粉方块酥与传统工艺采用超微粉碎制备的红茶粉及研制的红茶粉方块酥比较各项性能指标，结果如表 10。

表 10 该试验与传统工艺研制红茶粉方块酥的各项性能指标比较结果
Table 10 Comparison of the performance indexes of the black tea powder bread made by this experiment and traditional technology

工艺 Technology	红茶粉 Black tea powder		红茶粉方块酥 咖啡碱含量 Caffeine content of black tea powder cubic pastry // %
	粒度 Granularity μm	咖啡碱溶出量 The amount of caffeine dissolved // %	
该试验 This test	71	2.48	0.062
传统工艺 Traditional technology	90	1.94	0.042

3 结论与讨论

该研究得出，红茶粉采用双螺杆挤压工艺结合超微粉碎集成技术能获得较细的粒度，使香味物质和有效成分的溶出量增加，添加到方块酥中，能显著改善方块酥的食用品质，这是该研究的创新之处。

在双螺杆挤压工艺中，在进料量为 30 kg/h 的条件下，温度影响最大；其次是茶叶含水量和挤压机转速，在加湿量 2.5 kg/h、挤压温度 145 ℃、挤压机转速 110 r/min 的条件下，红茶细胞破壁率和咖啡碱溶出量最高，分别为 76.34% 和 1.91%。

将红茶双螺杆挤压粉进一步采用超微粉碎机进行粉碎，最佳工艺参数是：进料量 25 kg、粉碎机转速 5 200 r/min，粉碎时间 5 min；在最佳超微粉碎条件下红茶粉粒度和咖啡碱

溶出量分别为 71 μm 和 2.48%。

红茶粉方块酥最终最佳配方组合为以面粉为基数添加超微茶粉 4%、油脂 50%、糖 14%、鸡蛋 15%，其余的辅料添加量均为食盐 1%，蜂蜜、芝麻（或核桃、杏仁、开心果）适量。红茶粉感官品质最好，感官评分为 90.50 分。在上述条件下，测得红茶粉方块酥咖啡碱含量为 0.062%，比传统工艺采用超微粉碎制备的红茶粉及研制的红茶粉方块酥有效成分（主要是指咖啡碱）含量高。茶粉也可与紫薯粉、小米、燕麦等结合，开发系列功能食品。

试验已应用于生产，转化为实际的生产力。该技术适用于将红茶、绿茶等各类茶叶制粉，研究开发方块酥、面包、糕点、饼干、面条、酸奶、冰淇淋、糖果蜜饯、瓜子、月饼、饮料、医药保健品等产品及相关企业，适用范围广^[9-10]。绿茶粉含多酚抗氧化剂，能有效地防止油脂食品氧化变质，也颇受消费者青睐^[11]。该试验可为高品质茶食品的开发提供方法和思路。

参考文献

- [1] 杨铃. 功能性食品的研究新进展[J]. 科技资讯, 2007(10): 167.
- [2] 于丽萍. 茶叶保健食品的开发[J]. 蚕桑茶叶通讯, 2009(2): 39.
- [3] SEERAM N P, HENNING S M, NIU Y T, et al. Catechin and caffeine content of green tea dietary supplements and correlation with antioxidant capacity[J]. Journal of agricultural and food chemistry, 2006, 54(5): 1599-1603.
- [4] DEMIR F, KIPÇAK A S, ÖZDEMİR Ö D, et al. Çeşitli çayların içerdikleri kafein miktarlarına limon ve karbonatın etkisi ve günlük alım miktarlarının incelenmesi[J]. Turkish journal of biochemistry, 2016, 41(5): 308-315.
- [5] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 茶咖啡碱测定: GB/T 8312—2013[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.
- [6] 顾宗珠. 烘焙食品加工技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2012: 125-127.
- [7] 隋秀芳, 赵鹏, 王玉珠, 等. 超微绿茶粉营养成分成分分析及其应用[J]. 食品研究与开发, 2012, 33(10): 173-177.
- [8] SANZ-PENELLA J M, WRONKOWSKA M, SORAL-SMIETANA M, et al. Effect of whole amaranth flour on bread properties and nutritive value[J]. LWT-Food Science and Technology, 2013, 50(2): 679-685.
- [9] 梁进, 陆宁. 茶叶的超微加工及其在食品工业的应用[J]. 中国食品添加剂, 2013(4): 152-157.
- [10] 李靛, 林智, 吕海鹏, 等. 2003~2007年注册茶保健食品的情况分析[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(10): 4835-4837, 4840.
- [11] HALLIWELL B. Are polyphenols antioxidants or pro-oxidants? What do we learn from cell culture and *in vivo* studies? [J]. Archives of biochemistry and biophysics, 2008, 476(2): 107-112.
- [4] 张洲琴, 蔡艳. 科学划定畜禽养殖禁养区[N]. 中国环境报, 2016-09-22(003).
- [5] 王梅. 科学划定新疆畜禽养殖禁养区[J]. 新疆畜牧业, 2017(2): 39-41.
- [6] 姚雪. 射阳县划定畜禽养殖禁养区、限养区的实践[J]. 污染防治技术, 2016(5): 80-82.
- [7] 路国瑞, 孙娜. 我国畜禽养殖禁养区划定问题研究[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(11): 252-254.
- [8] 吴根义, 宋李思莹, 姜彩虹, 等. 对畜禽养殖禁限养区划定的思考[J]. 环境保护, 2016, 44(20): 61-63.
- [9] 王智. 规模化畜禽养殖项目环境影响评价技术体系构建及应用[D]. 沈阳: 辽宁大学, 2014.
- [10] 王奇, 陈海丹, 王会. 基于土地氮磷承载力的区域畜禽养殖总量控制研究[J]. 中国农学通报, 2011, 27(3): 279-284.
- [11] 李巧巧. 畜禽养殖环境承载力核定方法研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2014.
- [12] 嘉慧. 发达国家养殖污染的防治对策[J]. 中国畜牧兽医文摘, 2008(1): 53-54.
- [13] 吴娜伟, 孔源, 陈颖, 等. 我国畜禽养殖项目环境影响评价制度分析[J]. 生态与农村环境学报, 2016, 32(2): 342-344.

(上接第 60 页)

程序等方面的标准和要求。同时，畜禽养殖业发展应严格依照环评要求，合理规划建设，规范布局；加快中心村改造工程的推进，产业空间布局、城镇规划发展应趋向合理化；保持适度养殖规模，控制在环境承载力范围内，促进规模化养殖业健康可持续发展，保证环评工作的正常开展。随着对规模化畜禽养殖污染的重视，养殖项目的环境敏感区及承载力研究将成为今后重要的研究课题。

参考文献

- [1] 中华人民共和国环境保护部. 全国环境统计公报(2014) [EB/OL]. (2015-10-29) [2017-05-05]. http://www.zhb.gov.cn/gzfw_13107/hjtj/qghjtjgb/201605/t20160525_346106.shtml.
- [2] 万军明. 环境敏感区在环境影响评价分类管理中的应用[J]. 环境工程, 2009, 27(S1): 504-507.
- [3] 柳奇. 科学划定畜禽养殖禁养区[N]. 中国环境报, 2017-01-05(003).