



引用格式:陈雪珍,陈燕红. 薏米红豆超微全粉面包工艺配方的响应面优化[J]. 轻工学报, 2020,35(1):28-34.

中图分类号:TS213.2 文献标识码:A

DOI:10.12187/2020.01.004

文章编号:2096-1553(2020)01-0028-07

薏米红豆超微全粉面包工艺配方的响应面优化

Optimization of bread prepared with superfine coix rice and red bean powder using response surface methodology

陈雪珍,陈燕红

CHEN Xuezheng, CHEN Yanhong

福建闽北职业技术学院 食品与生物工程系,福建 南平 353000

Department of Food and Biological Engineering, Fujian Minbei Vocational Technical College, Nanping 353000, China

关键词:

薏米; 红豆; 超微全粉; 面包; 响应面优化

Key words:

coix rice; red bean; superfine powder; bread; response surface methodology

摘要:以比容和感官评分为指标,采用单因素试验法分析了薏米超微全粉添加量、红豆超微全粉添加量、蔗糖添加量、酵母添加量对薏米红豆超微全粉面包品质的影响,并采用响应面分析法对薏米红豆超微全粉面包的工艺配方进行了优化.结果表明:以混合粉为基重,薏米红豆超微全粉面包的最佳工艺配方为薏米超微全粉添加量15%,红豆超微全粉添加量15%,蔗糖添加量16%,酵母添加量1.4%.根据该工艺配方,通过二次发酵法制作的薏米红豆超微全粉面包比容为5.4 mL/g,综合评分为85.85分,面包营养、色泽、口感俱佳,符合现代人的健康需求.

收稿日期:2019-05-21

基金项目:福建省2015年高等学校焙烤食品加工技术精品资源共享课程建设项目

作者简介:陈雪珍(1982—),女,福建省南平市人,福建闽北职业技术学院讲师,主要研究方向为食品加工.

Abstract: Single factor experiment was used to analyze the effects of the addition of superfine coix rice powder, superfine red bean powder, sucrose and yeast on bread quality. The bread specific volume and sensory score were used as evaluation indexes, and the processing formula of superfine coix rice and red bean powder bread was optimized by response surface analysis. The results showed that the optimum technological formula of superfine coix rice and red bean powder bread was as follows: the weight of mixed powder as base, the addition amount of superfine coix rice powder was 15%, the addition amount of superfine red bean powder was 15%, the addition amount of sucrose was 16%, and the addition amount of yeast was 1.4%. Under this condition, the specific volume of superfine coix rice and red bean powder bread made by secondary fermentation was 5.4 mL/g, the comprehensive score was 85.85, the nutrition, color and taste of the bread were good, which met the health needs of modern people.

0 引言

薏米又叫薏苡仁、苡仁、六谷子,为禾本科植物薏苡的种仁。薏米营养丰富,含碳水化合物 52% ~ 80%,蛋白质 13% ~ 17%,脂肪 4% ~ 7%,其中,蛋白质含量是普通大米的 3 倍多,亚麻油酸占总脂肪含量的 34%,而薏仁酯为价值很高的保健食品^[1]。浦城薏米是福建省浦城县特产,也是中国国家地理标志产品,色白,饱满,圆,腹沟深宽,煮后糯软、黏香、细腻,具有“糯、甘、稠”的特有品质^[2]。红豆营养丰富,所含蛋白质和膳食纤维均高于粮谷类,还富含烟酸、维生素 B₁、B₂ 等成分,具有补血、利尿、消肿等功效。薏米、红豆常与粮谷类搭配食用,以达到蛋白质互补、健脾祛湿等功效^[3]。

超微粉碎技术利用外加机械力或流体动力将物料颗粒粉碎成微米甚至纳米级微粉,被广泛应用于医药、食品生产的天然植物制粉或制剂过程中^[4]。运用超微粉碎技术对谷物进行处理,产物微粉既具有良好的溶解性、分散性、吸附性、化学反应活性等,又可改善食品口感,最大限度地保留天然植物的属性和功能,并可使谷物的营养成分被更好地消化吸收^[5]。例如,陈慧等^[6]利用超微粉碎技术制备全麦粉,使其成为农产品加工中的一种品质良好的添加原料;韩雪等^[7]系统研究了超微粉碎技术在谷类中的应用,大大提高了谷类功能性成分的利用率。目

前,对红豆和薏米的开发利用主要集中在单一营养成分上,而且利用传统粉碎技术较难细化地利用红豆种皮^[8-9]。若采用超微粉碎技术,将薏米和红豆粉碎后制成全粉谷类物料,并将其组合应用于烘焙食品的制作,对于开发新型、健康的谷物类食品具有重要意义。基于此,本文拟采用超微粉碎技术将薏米和红豆制成超微全粉,采用单因素试验法和响应面法优化薏米红豆超微全粉面包的工艺配方,以提升面包的品质和口感,促进机体对全谷物营养成分的吸收,进而为提升浦城薏米、红豆的经济价值,促进其深加工产品的开发提供参考。

1 材料与方法

1.1 实验材料

薏米,福建省浦城县产;红豆,福建远山农业发展有限公司产;面包专用粉(顶级),广东白苑粮油实业有限公司产;酵母、面包改良剂,安琪酵母股份有限公司产;烘焙乳粉,安徽诺达乳业产;无盐黄油,新西兰 Anchor 公司产;蔗糖、鸡蛋、食用盐,均为市售。

1.2 仪器与设备

AE224 电子天平,上海舜宇恒平科学仪器有限公司产;SS-0.5 和面机,SPR-18S 面包醒发箱,SEC-3Y 烤箱,珠海三菱机械有限公司产;L18-Y928S 九阳破壁料理机,九阳股份有限公司产;KY-9050A 恒温电热鼓风干燥

机,上海喆图科学仪器有限公司产;HBM-101超微粉碎机,瑞安市瀚博机电有限公司产。

1.3 实验方法

1.3.1 超微全粉的制备

将薏米、红豆洗净,过滤烘干,分别利用九阳破壁料理机粗粉碎,每次粉碎15 s,间隔2 min,粉碎时间45 s;将制得的薏米、红豆粗粉进行60℃热风干燥,至粗粉的水分含量达6%以下;用超微粉碎机对粗粉进行粉碎处理,每次投样量600 g,温度5℃,粉碎时间20 min^[8-9],即制得超微薏米全粉和超微红豆全粉。

1.3.2 面包制作工艺

采用二次发酵法制作面包。

种子面团的制作:将种子面团配方(所有原料质量的60%)内的面包专用粉、烘焙乳粉、蔗糖、面包改良剂、酵母等干性材料放至搅拌缸内,慢速搅匀后,加入鸡蛋、水等湿性材料,搅匀,改中速搅拌至面团表面光滑,加入种子面团配方中的无盐黄油,继续搅拌至面筋完全扩展;继而发酵种子面团,醒发箱温度28~30℃,湿度70%~75%,时间4~6 h。

主面团的制作:将主面团配方中的水、蔗糖、鸡蛋、面包改良剂加入搅拌缸搅拌均匀;加入发酵好的种子面团,搅拌至面筋初步形成,加入无盐黄油混合后,再加入食盐,搅拌至面团细腻光滑;分割成50 g/个,搓圆,整形;主面团发酵时的醒发箱温度28~30℃,湿度70%~75%,时间40~60 min;最后醒发温度38℃,湿度80%~85%,时间50~65 min。

烘烤:饰面刷蛋液,放进焙烤箱,烘烤温度上火180~185℃,下火170~175℃,时间12 min,冷却即得面包成品^[10]。

1.3.3 单因素试验设计

配方设计以质量分数计,以薏米红豆超微全粉替代相应质量分数的面包专用粉,总用量100%,固定面团制作配方,保持面包改良剂

1.0%和盐1.5%的质量分数不变,以面包比容和感官评分为指标,分别考察不同添加量的薏米超微全粉(5%,10%,15%,20%,25%)、红豆超微全粉(5%,10%,15%,20%,25%)、蔗糖(10%,12%,14%,16%,18%)、酵母(0.8%,1.0%,1.2%,1.4%,1.6%)这4个因素对薏米红豆超微全粉面包品质的影响^[11]。

1.3.4 响应面试验设计

根据单因素试验结果,对薏米超微全粉添加量(A)、红豆超微全粉添加量(B)、蔗糖添加量(C)、酵母添加量(D)这4个因素进行四因素三水平 Box-Behnken Design (BBD) 试验,以得到薏米红豆超微全粉面包工艺的最优配方^[11]。响应面试验各因素水平如表1所示。

表1 响应面试验各因素水平表

Table 1 Table of factors in response

水平	因素			
	A	B	C	D
-1	10	10	14	1.2
0	15	15	16	1.4
1	20	20	18	1.6

1.3.5 面包品质评定方法

1.3.5.1 感官评定 依据国标《粮油检验 小麦粉面包烘焙品质试验 中种发酵法》(GB/T 14612—2008)^[12]和中国农科院《面包烘焙品质评分标准》^[13],分别从面包体积(满分35分)、面包外观(满分10分)、包芯色泽(满分5分)、包芯质地(满分20分)、面包纹理结构(满分25分)、口感(满分5分)6个方面进行评分。选取10位食品专业没有个人嗜好偏见的参评人员,对不同面包样品进行评分并记录。

1.3.5.2 面包比容测定 参照国标《面包》(GB/T 20981—2007)^[14]比容测定方法二,采用小米置换法。面包比容的计算公式为

$$P = V/m$$

式中, P 为面包比容/($\text{mL} \cdot \text{g}^{-1}$), V 为面包体积/ mL , m 为面包质量/ g .

1.3.5.3 综合评分 面包品质综合评分以总分 100 分计,其中面包比容占 15% (比容 7.0 mL/g 为满分,每减少 0.1 mL/g 扣 0.5 分),感官评分占 85%.

1.4 数据处理与分析

采用 Design-Expert 8.0.6 软件进行试验设计、数据处理和分析,试验数据以(平均值 \pm 标准偏差)表示,显著性 $P < 0.05$.

2 结果与分析

2.1 单因素试验结果分析

2.1.1 薏米超微全粉添加量对薏米红豆超微全粉面包品质的影响 薏米超微全粉添加量对面包品质的影响如图 1 所示.由图 1 可以看出,随着薏米超微全粉添加量的增加,面粉中面筋蛋白的含量降低,面团的混合筋力减弱.虽然比容随之降低,但在面包改良剂的作用下,当薏米超微全粉添加量在 $5\% \sim 15\%$ 之间时,面包的比容下降趋势较小,而此时由于薏米超微全粉有较强的吸水性,面包柔软性增加;当薏米超微全粉的添加量为 $10\% \sim 20\%$ 时,面包的口感、滋味和气味都得到一定程度的改善;但当薏米超微全粉添加量超过 25% 时,随着薏米超微全粉添加量的增加,面粉筋度降低、持气性变差,使

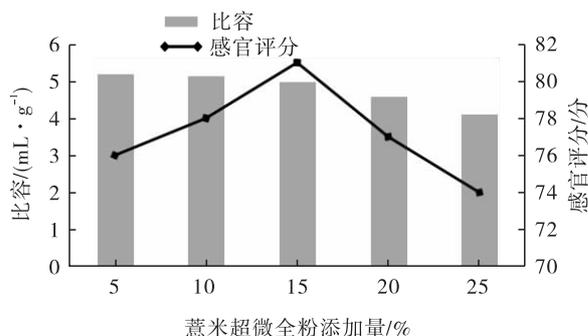


图 1 薏米超微全粉添加量对面包品质的影响

Fig.1 The effect of the addition amount of superfine coix rice powder on bread quality

得面包内部结构粗糙、孔洞大小不一,面包比容和感官评价分值均明显下降^[15].因此,选择薏米超微全粉添加量为 $10\% \sim 20\%$ 作为响应面试验水平范围较适宜.

2.1.2 红豆超微全粉添加量对薏米红豆超微全粉面包品质的影响 红豆富含膳食纤维,其种皮含红色素,增加红豆超微全粉添加量可降低面粉面筋蛋白的含量,使得混合粉色泽加深,面团吸水量增加,面团黏性增强,软柔性增强^[8].红豆超微全粉添加量对面包品质的影响如图 2 所示.由图 2 可以看出,当红豆超微全粉添加量在 $5\% \sim 15\%$ 之间时,对面包比容的影响较小,对面包口感的影响也不大;而当红豆超微全粉添加量增加至 15% 时,面包的综合感官评分最佳;但当红豆超微全粉添加量超过 25% 时,面团发黏,面筋弹性、持气性变差,面包表皮易坍塌、组织结构粗糙且内部有较大孔洞,感官评分明显降低^[11].因此,选择红豆超微全粉添加量为 $10\% \sim 20\%$ 作为响应面试验水平范围较适宜.

2.1.3 蔗糖添加量对薏米红豆超微全粉面包品质的影响 蔗糖是酵母生长和繁殖产气的营养物质,适量的蔗糖可使面团体积膨胀、柔软且易于伸展,发酵产物也使得面包具有诱人的芳香风味^[9].蔗糖添加量对面包品质的影响如图 3 所示.由图 3 可以看出,随着蔗糖添加量的增

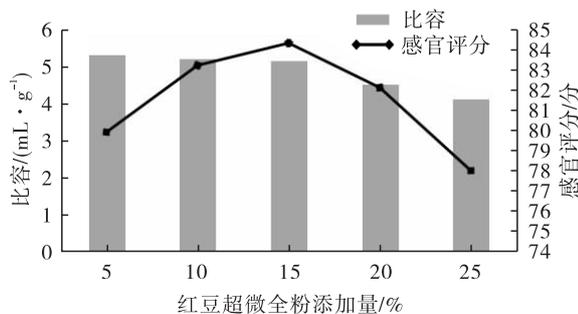


图 2 红豆超微全粉添加量对面包品质的影响

Fig.2 The effect of the addition amount of superfine red bean powder on bread quality

加,面包比容和感官评分都呈现出先上升后下降的趋势.这可能是因为:当加糖过少时,酵母生长速度慢、产气力小,面包质感硬、粗糙、体积小;而当加糖过多时,则会产生较大的渗透压,酵母细胞脱水萎缩、活力降低,抑制发酵,使得面筋扩展力不足,面包体积小、组织粗糙^[8].因此,选择蔗糖添加量为14%~18%作为响应面试验水平范围较适宜.

2.1.4 酵母添加量对薏米红豆超微全粉面包品质的影响 酵母可使面包体积膨大,产生疏松、柔软的结构,发酵过程中产生的乙醇和乳酸可在高温烘烤中生成酯类物质,增加面包的风味和香气^[16].酵母添加量对面包品质的影响如图4所示.由图4可以看出,随着酵母添加量的增加,薏米红豆超微全粉面包的比容和感官评分均出现先上升后下降的趋势.这可能是因为酵母添加量对面包的体积和口感影响极大.当酵母添加量较小时,面团发酵力不足,面包出现结构紧实、体积小、风味不足等缺点;当酵母添加量太大时,面团发酵速度快,产气量增多,面团内部气孔多且大小不均匀,面筋网络结构、持气性差,面包表皮易坍塌,发酵风味不佳,口感降低^[16].只有适量添加酵母才能使得面包的组织结构、体积、色泽、滋味和气味最佳.因此,选择酵母添加量为1.2%~1.6%作为响应面试验水平范围较适宜.

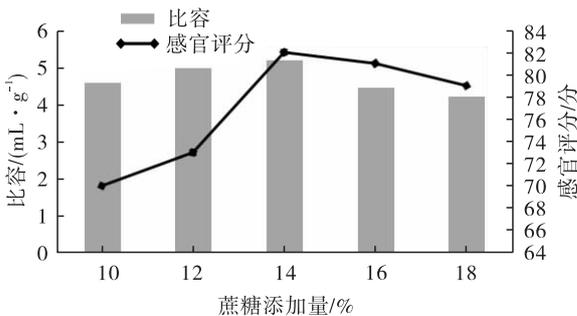


图3 蔗糖添加量对面包品质的影响

Fig. 3 The effect of the addition amount of sucrose on bread quality

2.2 响应面优化试验结果分析

响应面优化试验设计与结果见表2.

将响应面试验结果利用 Design-Expert 软件进行回归拟合,得到各因素对响应值的二次多项回归模型为 $Y = 83.23 + 3.37A + 1.16B + 0.75C - 0.61D - 1.32AB - 1.54AC - 0.13AD - 0.73BC - 0.69BD + 1.55CD - 4.33A^2 - 0.87B^2 - 0.87C^2 - 0.76D^2$.

响应面二次多项回归方程的方差分析结果见表3.该模型的 $F = 9.67, P < 0.0001$,表明该模型极显著;回归系数 $R^2 = 0.9683$,表明建立的模型可以较好地拟合试验的真实情况,自变量与响应值之间关系显著,该二次方程模型可以用来分析和预测薏米红豆超微全粉面包的最佳工艺配方^[17].由 A, B, C, D 的 P 值可知,各因素添加量对薏米红豆超微全粉面包感官综合品质影响的程度为:薏米超微粉添加量 > 红豆超微粉添加量 > 蔗糖添加量 > 酵母添加量. A 对薏米红豆超微全粉面包的感官综合品质影响显著, A^2 对薏米红豆超微全粉面包的感官综合品质影响极显著. AB, AC 交互项的影响显著 ($P < 0.05$),表明薏米超微全粉和红豆超微全粉添加量、薏米超微全粉和蔗糖添加量对产品的影响存在交互作用,且有显著影响.以混合粉为基重,薏米红豆超微全粉面包的最佳工艺配方为薏米超微全粉添加量 15%,红豆超微全粉添加

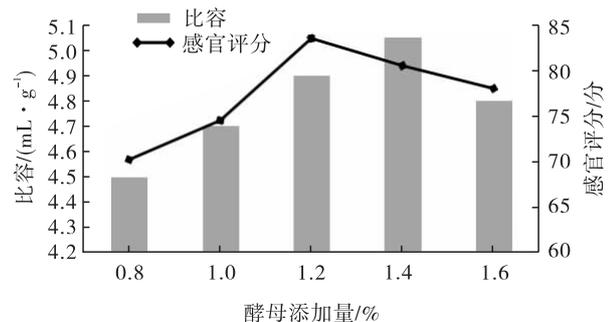


图4 酵母添加量对面包品质的影响

Fig. 4 The effect of the addition amount of yeast on bread quality

表2 响应面优化试验设计与结果

Table 2 Design and results of response surface methodology experiments

试验号	因素				综合评分/分
	A	B	C	D	
1	-1	0	0	-1	80.99
2	0	0	0	0	75.03
3	0	0	-1	-1	78.69
4	0	0	0	0	73.55
5	-1	-1	0	0	83.96
6	1	-1	0	0	67.98
7	-1	1	0	0	81.58
8	0	0	1	1	73.64
9	0	-1	1	0	75.87
10	0	0	1	-1	83.34
11	0	1	0	-1	80.12
12	1	0	0	-1	76.89
13	0	0	-1	1	73.62
14	1	0	-1	0	70.03
15	0	-1	0	-1	70.91
16	0	1	1	0	84.49
17	-1	0	1	0	80.89
18	1	0	1	0	74.76
19	1	0	0	1	69.02
20	0	-1	0	1	71.57
21	0	1	0	1	77.03
22	0	0	0	0	81.02
23	1	1	0	0	71.97
24	0	0	0	0	84.62
25	0	0	0	0	80.01
26	-1	0	0	1	77.21
27	-1	0	-1	0	65.34
28	0	-1	0	-1	67.87
29	0	1	-1	0	70.11

量15%,蔗糖添加量16%,酵母添加量1.4%。依据该工艺配方,采用二次发酵制作的薏米红豆超微全粉面包比容为5.4 mL/g,综合评分为85.85分。这与预测值情况基本一致,同时验证了回归模型的可靠性。与普通面包相比,薏米红豆超微全粉面包的品质有了明显的改善,增加了杂粮、杂豆膳食纤维,表皮色泽鲜亮微红,柔软且有薏米、红豆淡淡的香气,内部结构呈均匀蜂窝状,口感、营养等符合现代人的健康需求。

表3 响应面二次多项回归方程的方差分析

Table 3 Analysis of variance of response surface quadratic regression equation

差异来源	平方和	自由度	方差	F值	P>F	显著性
模型	948.65	14	67.75	9.67	<0.000 1	**
A	274.88	1	274.88	39.21	<0.000 1	**
B	33.24	1	33.24	4.69	0.043 3	
C	13.96	1	13.96	2.02	0.180 2	
D	9.26	1	9.26	1.36	0.261 1	
AB	32.89	1	32.89	4.73	0.044 5	*
AC	32.03	1	32.03	4.59	0.049 8	*
AD	0.33	1	0.33	0.06	0.837 9	
BC	6.48	1	6.48	0.97	0.351 2	
BD	14.69	1	14.69	2.14	0.170 1	
CD	34.24	1	34.24	4.83	0.042 3	
A ²	490.45	1	490.45	69.98	<0.000 1	**
B ²	23.12	1	23.12	3.27	0.087 6	
C ²	14.26	1	14.26	2.06	0.168 9	
D ²	10.11	1	10.11	1.47	0.250 4	
残差	101.77	14	6.76			
失拟误差	61.89	10	6.17	0.76	0.654 3	
纯误差	39.88	4	7.98			

注:**为差异极显著($P < 0.01$); *为差异显著($P < 0.05$)

3 结论

本文以面包比容和感官评分为评价指标,通过单因素试验,分别确定了响应面试验中薏米超微全粉添加量、红豆超微全粉添加量、蔗糖添加量和酵母添加量的水平范围;之后,通过响应面优化试验确定了薏米红豆超微全粉面包的最佳工艺配方为:以混合粉为基重,薏米超微全粉添加量为15%,红豆超微全粉添加量为15%,蔗糖添加量为16%,酵母添加量为1.4%。依据该工艺配方,通过二次发酵制作的薏米红豆超微全粉面包比容为5.4 mL/g,综合评分为85.85分,同时,该面包增加了杂粮、杂豆膳食纤维,营养、色泽、口感俱佳,符合现代人的健康需求。

参考文献:

[1] 李欢欢,肖志刚. 薏米营养及活性成分研究现

- 状[J]. 农产品加工,2018(20):54.
- [2] 赵晓红. 薏米的营养、医用价值及制作饮料的发展前景[J]. 山西食品工业,2002(3):35.
- [3] 于章龙,段欣,武晓娟,等. 红小豆功能特性及产品开发研究现状[J]. 食品工业科技,2011(1):360.
- [4] 杨再,陈俊平,陈佳铭. 超微粉碎技术的原理和应用[J]. 饲料博览(技术版),2007(10):36.
- [5] 王丽宏,张延,张宝彤. 超微粉碎技术的特点及应用概况[J]. 饲料博览,2013(10):13.
- [6] 陈慧,张进萍,陆娅,等. 应用超微粉碎技术制备全麦粉[J]. 粮食与油脂,2008(8):8.
- [7] 韩雪,郭祯祥. 超微粉碎技术在谷物加工中的应用[J]. 粮食与饲料工业,2016(3):13.
- [8] 程晶晶,王军. 红小豆超微全粉对馒头品质的影响[J]. 食品研究与开发,2017,38(17):80.
- [9] 王军,程晶晶,王周利,等. 黑小豆超微全粉对面团流变学特性及馒头品质的影响[J]. 中国食品学报,2019,19(1):103.
- [10] 吕银德. 焙烤食品加工技术[M]. 北京:中国工业出版社,2012:75.
- [11] 孙元琳,陕方,宋俞,等. 响应面分析法优化黑小麦全麦面包工艺配方研究[J]. 郑州轻工业学院学报(自然科学版),2013,28(5):5.
- [12] 中国国家标准化管理委员会. 粮油检验 小麦粉面包烘焙品质试验 中种发酵法:GB/T 14612—2008[S]. 北京:中国标准出版社,2008.
- [13] 中国农业科学院. 面包烘焙品质评分标准[S]. 北京:中国标准出版社,2008.
- [14] 中国国家标准化管理委员会. 面包:GB/T 20981—2007[S]. 北京:中国标准出版社,2007.
- [15] 刘丽萍,刘岩. 苦瓜薏米保健面包的研制[J]. 粮油加工,2010(3):82.
- [16] 豆康宁,李超敏,赵永敢,等. 面包原辅料对面团发酵体积的影响研究[J]. 食品工业,2013,34(12):44.
- [17] 涂向辉,朱晶,许晓兰. 响应面分析法优化方便杂粮米饭热风干燥工艺[J]. 沈阳师范大学学报(自然科学版),2017,35(2):198.

本刊数字网络传播声明

本刊已许可中国知网,万方数据资源系统,维普网,国家科技学术期刊开放平台,博视网,超星,中国科技论文在线,中教数据库,EBSCOhost,CA, Ulrichs, FSTA 等在其系列数据库产品中以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊全文. 其相关著作权使用费与本刊稿酬一并支付. 作者向本刊提交文章发表的行为即视为同意我刊上述声明.