

## 以挤压膨化脱胚玉米作啤酒辅料的试验研究\*

申德超 解铁民 魏敬冕

( 东北农业大学, 哈尔滨 150030 )

**摘 要** 通过实验室试验,研究了作啤酒辅料的脱胚玉米挤压膨化系统诸参数(模孔孔径、套筒温度、物料含水率、螺杆转速),对各考察指标(麦汁醪液的总还原糖、 $\alpha$ -氨基氮、过滤速度)的影响规律,指出挤压膨化脱胚玉米作啤酒辅料的可行性。

**关键词** 脱胚玉米 挤压 啤酒辅料

挤压膨化能使谷物中淀粉和蛋白质降解,脂肪减少,可溶性物质增加。这有利于在酿造业应用挤压膨化技术。有资料报道,挤压膨化啤酒辅料是 90 年代啤酒酿造技术发展势之一<sup>[1]</sup>,国内外学者的研究表明,用膨化辅料制备的麦汁,糖化和过滤困难<sup>[2~6]</sup>。本文通过实验室试验,研究了挤压膨化脱胚玉米作啤酒辅料时,挤压膨化系统诸参数对其麦汁性能的影响规律。研究表明,只要挤压膨化系统参数选择合适,膨化辅料糖化和过滤难的问题是可以解决的。此项研究现已申报发明专利。

## 1 试验研究

## 1.1 设备与材料

挤压设备为自制的单螺杆挤压膨化机,生产率为 100 ~ 150 kg/h,它由组合套筒和螺杆组成,螺杆转速为 0 ~ 1 200 r/min,无级可调。套筒温度为 0 ~ 300℃,连续可调,配有温度数显仪表闭环自控系统。挤压机模孔孔径有级可调。

供试材料为脱胚玉米(市售)粉碎后,其平均粒径为 0.53 mm,其含水率为 15.9%。

## 1.2 分析方法

玉米含水率测定采用 GB5497 - 1985 标准测定,麦汁醪液的总还原糖、 $\alpha$ -氨基氮值按文献[7]的有关规定测定。麦汁醪液的过滤

速率,按文献[8]的相关方法测定。

## 2 试验与结果分析

## 2.1 试验安排及其结果

试验因素为:挤压机套筒温度  $T$ 、模孔孔径  $\Phi$ 、物料含水率  $w$  和螺杆转速为  $N$ 。考查指标为:膨化脱胚玉米对应麦汁醪液的总还原糖、 $\alpha$ -氨基氮和过滤速率。采用二次正交旋转组合设计,进行试验研究。因素水平安排见表 1,试验安排及结果见表 2。

表 1 因素水平

因 素	$X_1$ $\Phi / \text{mm}$	$X_2$ $T / ^\circ\text{C}$	$X_3$ $W / \%$	$X_4$ $N / \text{r} \cdot \text{min}^{-1}$
-2	8	35	12.9	160
-1	10	58	15.9	180
0	12	81	18.9	200
1	14	104	21.9	220
2	16	127	24.9	240

挤压膨化脱胚玉米的糖化工艺为:

麦芽粉碎物(30 g)、挤压膨化脱胚玉米粉碎物(20 g)和水(250 mL)混合加热至 37℃,保温并搅拌 10 min。再升温至 50℃,保温并搅拌 50 min。再升温至 68℃,保温并搅拌 60 min。然后作碘检。再升温至 76℃,将麦汁醪液过滤。

不膨化脱胚玉米的传统糖化工艺为:

脱胚玉米粉碎物(15 g)和水(110 mL)混

第一作者 硕士 教授。

\* 黑龙江省科委基金资助项目(No. B00 - 04),黑龙江省教委资助项目(No. 9541003)

收稿时间 2001 - 12 - 08

合加热至 37℃ ,保温并搅拌 10 min。再升温至 70℃ ,保温并搅拌 20 min。再升温至 100℃ ,保温并搅拌 50 min。与此同时 ,麦芽粉碎物( 35 g )和水( 140 mL )混合加热至 37℃ ,保温并搅拌 10 min。再升温至 50℃ ,保温并

搅拌 50 min。将上述 2 种醪液混合 ,即合醪。使合醪后的醪液温度为 68℃ ,保温并搅拌 60 min。然后作碘检。再升温至 76℃ ,将麦汁醪液过滤。

表 2 试验安排及结果

序 号	$\Phi$ $X_1$	$T$ $X_2$	$W$ $X_3$	$N$ $X_4$	过滤速率 $/\text{mL} \cdot \text{s}^{-1}$	总还原糖 $/\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$	$\alpha$ -氨基氮 $/\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$
1	1	1	1	1	0.051	106.2	174.1
2	1	1	1	-1	0.030	101.8	215.9
3	1	1	-1	1	0.45	107.9	188.6
4	1	1	-1	-1	0.058	118.4	201.9
5	1	-1	1	1	0.040	104.5	221.8
6	1	-1	1	-1	0.064	102.3	179.5
7	1	-1	-1	1	0.05	113.5	199.1
8	1	-1	-1	-1	0.111	105.9	180.7
9	-1	1	1	1	0.076	104.6	184.6
10	-1	1	1	-1	0.060	104.8	186.9
11	-1	1	-1	1	0.097	111.7	208.2
12	-1	1	-1	-1	0.039	115.2	190.8
13	-1	-1	1	1	0.029	106.3	177.5
14	-1	-1	1	-1	0.036	107.9	173.7
15	-1	-1	-1	1	0.033	109.0	171.2
16	-1	-1	-1	-1	0.052	110.8	180.4
17	2	0	0	0	0.048	113.8	186.3
18	-2	0	0	0	0.056	108.9	168.3
19	0	2	0	0	0.093	110.8	173.0
20	0	-2	0	0	0.039	104.4	182.0
21	0	0	2	0	0.046	104.6	177.2
22	0	0	-2	0	0.098	113.0	160.2
23	0	0	0	2	0.042	100.1	205.3
24	0	0	0	-2	0.067	105.8	227.2
25	0	0	0	0	0.079	104.0	161.5
26	0	0	0	0	0.051	106.7	175.2
27	0	0	0	0	0.070	105.6	184.0
28	0	0	0	0	0.062	108.3	187.2
29	0	0	0	0	0.064	107.5	180.8
30	0	0	0	0	0.073	107.5	177.6
31	0	0	0	0	0.073	112.3	174.4
32	0	0	0	0	0.051	112.3	187.5
33	0	0	0	0	0.076	109.0	173.0
34	0	0	0	0	0.048	111.8	167.3
35	0	0	0	0	0.052	107.9	165.1
36	0	0	0	0	0.054	108.7	161.2
未膨化脱胚玉米对应醪液					0.041	110.9	255.04

## 2.2 试验结果分析

用 REDA 软件处理表 2 中试验数据。设  $Y_1$ 、 $Y_2$ 、 $Y_3$  分别代表各考察指标——总还原

糖、 $\alpha$ -氨基氮、过滤速率, 设  $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$ 、 $X_4$  分别代表挤压系统主要参数——模孔孔径、套筒温度、脱胚玉米的水分含量、螺杆转速。

各试验因素对诸考查指标影响规律的回归方程为(1)~(3)。

$$Y_1 = 108.32 + 0.97X_2 - 2.81X_3 - 0.62X_4 + 0.88X_1^2 + 0.36X_1X_2 - 0.49X_1X_3 + 0.67X_1X_4 - 0.06X_2^2 - 1.10X_2X_3 - 1.01X_2X_4 + 0.03X_3^2 + 0.81X_3X_4 - 1.22X_4^2 \quad (\alpha = 0.05) \quad (1)$$

$$Y_2 = 174.58 + 5.18X_1 + 2.05X_2 + 1.13X_3 - 1.19X_4 + 1.47X_1^2 - 4.27X_1X_2 + 3.06X_1X_3 - 0.26X_1X_4 + 1.52X_2^2 - 3.07X_2X_3 - 5.96X_2X_4 - 0.68X_3^2 - 0.71X_3X_4 + 11.21X_4^2 \quad (\alpha = 0.05) \quad (2)$$

$$Y_3 = 0.06 - 0.01X_1X_2 + 0.01X_2X_3 \quad (\alpha = 0.05) \quad (3)$$

应用统计频数选优法<sup>[9]</sup>,确定挤压系统主要参数的较优范围。结果见表 3。

表 3 统计频数选优结果

考 察 指 标	脱胚玉米挤压系统较优参数			
及 其 范 围	$\Phi/\text{mm}$	$T/^\circ\text{C}$	$W/\%$	$N/\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$
总还原糖( $Y_1$ )	11.42 ~	86.06 ~	15.45 ~	190.2 ~
$110 < Y_1 < 120$	12.38	95.03	16.32	197.2
$\alpha$ -氨基氮( $Y_2$ )	11.86 ~	78.47 ~	18.09 ~	201.0 ~
$200 < Y_2 < 230$	12.68	87.21	19.26	210.0
过滤速率( $Y_3$ )	11.32 ~	68.18 ~	17.94 ~	196.0 ~
$0.09 < Y_3 < 0.11$	13.18	87.44	20.61	204.0

注 脱胚玉米挤压系统较优参数的置信区间为 95%。

脱胚玉米挤压膨化系统主要参数的因子贡献率见表 4,其计算最优值见表 5。

表 4 脱胚玉米挤压膨化系统主要参数的因子贡献率

考 察 指 标	挤压系统主要参数的因子贡献率			
	$X_1(\Phi)$	$X_2(T)$	$X_3(W)$	$X_4(N)$
总还原糖( $Y_1$ )	0.61	1.03	1.25	1.05
$\alpha$ -氨基氮( $Y_2$ )	0.99	0.59	0.00	1.32
过滤速率( $Y_3$ )	1.15	1.70	0.94	0.36

由上述回归方程(1)~(3)及表 4 可知,对于总还原糖,脱胚玉米的水分含量对其影响是最主要的,转速和温度的影响是次要的,孔径的影响是最次要的。水分增加则总还原糖含量略下降,温度增加总还原糖增加,转速为零水平时,总还原糖有极大值。对于 $\alpha$ -氨基氮,转速的影响是最主要的,孔径影响是次要的,水的变化对 $\alpha$ -氨基氮含量基本

表 5 脱胚玉米挤压膨化系统主要参数的计算最优值

考 察 指 标	挤压系统主要参数的计算最优值				
	$\Phi$ /mm	$T$ /°C	$W$ /%	$N$ /r·min <sup>-1</sup>	$Y_{\max}$
总还原糖 ( $Y_1$ ) / g·L <sup>-1</sup>	16	127	12.9	176	128.78
$\alpha$ -氨基氮 ( $Y_2$ ) / g·L <sup>-1</sup>	16	35	24.9	240	2963.37
过滤速率 ( $Y_3$ ) / ml·s <sup>-1</sup>	16	35	12.9	240	0.24

没影响。转速增加 $\alpha$ -氨基氮先减少后增加,但变化幅度不大;随孔径增加略增加。对于过滤速率,温度的影响是最主要的,孔径和水分的影响是次要的,转速的影响是最次要的。温度为零水平时,过滤速率有极大值。孔径增加过滤速率增加,但变化范围不大。水分增加过滤速率增加。转速增加过滤速率变化不大。

由于国内外学者普遍认为,用膨化啤酒辅料制备麦汁,难于糖化和过滤。现以过滤速率和总还原糖为主要考察指标。

由表 2 可见,脱胚玉米挤压膨化系统主要参数零水平对应的试验结果较理想。其总还原糖、 $\alpha$ -氨基氮和过滤速率的零水平的平均值分别为 108.47 g/L、174.6 mg/L 和 0.063 mL/s。对照的不膨化脱胚玉米的对应值分别为 110.9 g/L、255.04/mg/L 和 0.041 mL/s。可见,脱胚玉米挤压膨化物对应麦汁醪液的过滤速率均大于对照样——不膨化脱胚玉米的过滤速率。二者总还原糖值接近,挤压膨化脱胚玉米对应麦汁醪液的 $\alpha$ -氨基氮值低于不膨化脱胚玉米的 $\alpha$ -氨基氮值。由表 3、表 5 和上述回归方程(1)~(3),脱胚玉米挤压膨化系统主要参数较优范围为:11mm <  $\Phi$  < 16 mm, 35°C <  $T$  < 85°C, 12.9% <  $W$  < 20%, 176 r/min <  $N$  < 240 r/min。试验表明,只要挤压膨化系统主要参数选择合适,挤压膨化脱胚玉米作啤酒辅料制备的麦汁,难于糖化和过滤的难题是可以解决的。在啤酒酿造中应用膨化啤酒辅料而产生的其他问题,尚需进一

步研究。

### 3 结 论

(1) 挤压膨化脱胚玉米可以作啤酒辅料, 其麦汁难于糖化和过滤的难题可以解决。

(2) 可以用啤酒辅料的挤压膨化工艺过程代替其传统的蒸煮糊化工艺过程。

#### 参 考 文 献

- 1 轻工业部食品工业司, 轻工业部食品发酵研究所. 啤酒工业快报(内部资料), 1991 2 :16

- 2 王秀道译. 食品与发酵工业, 1986 4 :97 ~ 104
- 3 Briggs D E et al. Journal of the Institute of Brewing, 1986 92 :468 ~ 474
- 4 Dale C J. Journal of the Institute of Brewing, 1989, 95 :157 ~ 167
- 5 Delcour J A et al. Journal of the Institute of Brewing, July-August, 1989, 95 :271 ~ 276
- 6 申德超. 农业工程学报, 1996, 12(3) :196 ~ 198
- 7 管敦仪. 啤酒工业手册(中册). 北京:轻工业出版社, 1986. 184 ~ 216
- 8 申德超. 农业工程学报, 1999, 15(2) :202 ~ 207
- 9 徐中儒. 农业试验最优回归设计. 哈尔滨:黑龙江科学技术出版社, 1988. 359 ~ 368

## Test Study on Extruded Maize without Germ Used as Beer Adjunct

Shen Dechao Xie Tiemin Wei Jingmian

(Northeast Agricultural University Harbin, 150030)

**ABSTRACT** In this paper the influence of the parameters of the extrusion system of maize without germ used as beer adjunct on indexes observed was studied by experiments at the laboratory. These parameters are the diameter of nozzle, barrel temperature, moisture of the maize without germ, screw speed. The indexes include total reducing sugar,  $\alpha$ -amino nitrogen, filtration speed. The research results indicate the extruded maize without germ may be used as beer adjunct.

**Key words** maize without germ, extrusion, beer adjunct

## 中食协透露 6 种食品开发前景看好

最近从中国食品工业协会传出信息, 根据近年来国际、国内市场需求变化情况, 当前有 6 种食品市场潜力较大、前景看好。

**蔬菜灌肠食品** :目前这类复合型食品在国内尚属空白。蔬菜富含纤维素、维生素和多种矿物质元素, 将蔬菜添加到肉类食品中去, 能使蔬菜、肉类营养互补, 对人体健康很有好处, 特别是儿童和老年人, 更需要此类食品。

**蛋粉食品** :近年来, 各地蛋鸡发展很快, 蛋产量大幅增加, 鲜蛋销售供过于求, 售价下跌, 接近成本价, 蛋农收入减少。如将鲜蛋加工成蛋粉系列食品, 不仅可增加市场供应的食品品种, 满足市场需求, 而且还可提高蛋农的经济效益。

**花卉食品** :近年来, 国际市场日渐流行花卉食品。由于花卉食品含有大量的蛋白质、脂肪、糖类及多种氨基酸、维生素和微量元素, 对人体健康很有益处。

**米糠食品** :目前, 我国米糠基本上没有开发利用, 多数都作为家禽饲料, 浪费很大。我国米糠产量居世界第 1 位, 米糠中含有人体所需的多种营养物质。如果将米糠进行深度开发加工, 制成米糠保健食品, 市场前景将会看好。

**燕麦食品** :燕麦因其蛋白质、脂肪、氨基酸含量均居粮食之首, 可开发加工成燕麦片、燕麦粉、燕麦饼干和燕麦饮料等产品, 作为婴幼儿、老年人的保健食品, 市场潜力较大。

**山楂食品** :山楂具有较高的食疗保健和营养价值, 利用先进的食品加工工艺, 可将山楂加工成山楂粉、山楂片、山楂糕、果茶等食用保健品。我国山楂资源丰富, 开发山楂食品具有成本低、效益好、受欢迎的特点。目前市场上山楂食品品种单调, 粗加工产品多, 因此有较大的发展潜力。