

膨化啤酒辅料酿造啤酒的试验研究

申德超

(东北农业大学)

摘 要: 该文利用实验室试验和国产微型啤酒设备, 对挤压膨化啤酒辅料与对照不膨化的传统蒸煮糊化啤酒辅料的对应醪液及其定型麦汁进行了试验研究。结果表明: 膨化啤酒辅料与不膨化啤酒辅料相比, 其麦汁醪液的主要糖化指标及其过滤速率基本相同, 麦汁收得率, 前者比后者约多 8%, 发酵时间, 前者比后者减少 10%; 糖化过程的功耗, 前者比后者少 13%; 糖化过程用水量, 前者比后者约少用 3%。

关键词: 啤酒辅料; 挤压; 发酵; 糖化

中图分类号: TS26215

文献标识码: A

文章编号: 100226819(2002)0220123204

国内外学者(1986~ 1996)的研究结果表明, 用挤压膨化啤酒辅料制备的麦汁, 其糖化和过滤困难^[1~ 7]。通过实验室试验和国产微型啤酒生产设备的试验, 研究了上述国内外学者普遍关注的问题。研究结果表明: 膨化啤酒辅料与不膨化啤酒辅料相比, 对应的麦汁醪液的主要糖化指标, 及其过滤时间、麦汁收得率、发酵时间、糖化过程所需要的功耗和用水量等指标, 前者较好。现已申报国家发明专利。

1 试验材料设备与分析方法

1.1 设备与材料

挤压膨化设备为自制的单螺杆挤压机^[8]。

国产微型啤酒生产设备(100 L), 哈尔滨汉德啤酒公司制造。

供试材料为大米(品种: 松 938, 产地: 五常)、脱胚玉米和带胚玉米(四单 19, 产地: 肇东)、麦芽(哈尔滨汉德啤酒公司提供)。粉碎后其粒径为 0.15~0.165 mm, 含水率为 9%~13%。

1.2 分析方法

麦汁醪液的过滤速率, 按参考文献[8]的有关测试方法进行测量。麦汁醪液的色度、总酸、pH 值、 A_{280} 、氨基氮、总还原糖、糖、非糖、苦味质、原麦汁浓度、定型麦汁浓度等指标的测定均按参考文献[9]中有关规定进行测量。浸出物收得率, 按参考文献[10]中有关规定进行测量计算。

单螺杆挤压膨化机生产膨化大米, 膨化脱胚玉米, 膨化带胚玉米啤酒辅料所消耗的功率, 采用“秒表法”测量^[11]。

挤压膨化啤酒辅料的糖化工艺(简称膨化法)为:

麦芽粉碎物(1117 kg (65%))、挤压膨化啤酒辅料粉碎物(613 kg (35%))和水(81 kg (料水比为 1:4.15))混合后, 加热至 37℃, 保温并搅拌 10 min。再升温至 50℃, 保温并搅拌 60 min。再升温至 63℃, 保温并搅拌 40 min。再升温至 70℃, 保温并搅拌 20 min。然后做碘检。再升温至 78℃, 将麦汁醪液过滤。

传统不膨化啤酒辅料的糖化工艺^[10](简称传统法)为:

大米或脱胚玉米粉碎物(613 kg (35%))、麦芽粉碎物(1126 kg (7%))和水(45136 kg (料水比为 1:6))混合后, 加热至 45℃, 保温并搅拌 10 min。再升温至 70℃, 保温并搅拌 20 min。再升温至 100℃, 大米对应的醪液, 保温并搅拌 40 min。脱胚玉米对应的醪液, 则保温并搅拌 50 min。与此同时, 麦芽粉碎物(10144 kg (58%))和水(31132 kg (料水比为 1:3))混合后, 加热至 37℃, 保温并搅拌 10 min。再升温至 50℃, 保温并搅拌 60 min。将上述两种混合液混合, 即合醪。使合醪后的醪液温度为 63℃, 加入 63℃水 4132 kg, 保持总加水量为 81 kg (即总料水比为 1:4.15)。保温并搅拌 40 min。再升温至 70℃, 保温并搅拌 20 min。然后做碘检。再升温至 78℃, 将麦汁醪液过滤。

2 试验与分析

2.1 试验设计及结果

使用前述大米粉、脱胚玉米粉和带胚玉米粉, 在适宜的啤酒辅料挤压膨化参数下, 经前述的单螺杆挤压膨化加工, 生产膨化大米、膨化带胚玉米和膨化脱胚玉米啤酒辅料, 其功耗测量结果见表 1。然后,

收稿日期: 200121212 修订日期: 2001212220

基金项目: 黑龙江省科委基金项目(B00204); 黑龙江省教委项目(9541003)

作者简介: 申德超, 教授, 哈尔滨香坊区 东北农业大学工程学院, 150030。从事农产品(食品)加工教学、科研。

将上述膨化的啤酒辅料粉碎, 其粒径为 0150~ 0185 mm。在实验室和前述的国产微型啤酒生产设备上, 按前述的糖化方法, 分别制得膨化大米、膨化脱胚玉米和膨化带胚玉米对应的糖化醪液。然后再制得不膨化大米, 不膨化脱胚玉米对应的糖化醪液。糖化、发酵过程有关指标的检测 results 见表 2~ 表 6。

表 1 挤压膨化啤酒辅料功耗测量结果

Table 1 The measured results of energy consumption

物料	单位功耗	
	$\text{kW} \cdot \text{h} \cdot \text{kg}^{-1}$	$\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$
膨化带胚玉米	01169	60814
膨化脱胚玉米	01198	71218
膨化大米	01191	68716

表 2 试验室的原料浸出物收得率试验结果

Table 2 The test results of obtaining ratios of extractions at lab

物料	定型麦汁体积 $\bar{a}\text{nL}$	浓度 $\bar{o}\%$	密度 $\bar{o}\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$	收得率 $\bar{o}\%$	过滤速率 $\bar{a}\text{nL} \cdot \text{s}^{-1}$	原麦汁总还原糖 $\bar{o}\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$
挤压膨化大米	82	1415	11034 3	52153	0114	12719
不膨化大米	144	14148	11034 0	41141	0110	10912
挤压膨化脱胚玉米	174	14130	11033 2	49135	0113	12115
不膨化脱胚玉米	145	14125	11033 1	40199	0111	11911

注: 11 试验日期: 2000 年 7 月 26 日~ 27 日。地点: 东北农业大学农产品加工实验室。21 表中各试验物料对应的麦汁醪液均按 112 中的对应糖化方法制得。其中辅料(膨化或不膨化大米、玉米)用量 1715 g, 麦芽用量 3215 g, 共 50 g。

表 3 麦汁主要指标检测结果

Table 3 The measured results of main indexes of mashes

物料	原麦汁检测结果								定型麦汁检测结果			
	色度 $\bar{o}\text{EBC}$	总酸	pH 值	Δ 氨基氮 $\bar{a}\text{n} \cdot \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$	总还原糖 $\bar{o}\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$	糖	非糖	苦味质 $\bar{o}\text{B}_\text{u}$	原麦汁糖度 $\bar{o}\text{B}_\text{x}$	定型麦汁糖度 $\bar{o}\text{B}_\text{x}$	定型麦汁体积 积 $\bar{a}\text{L}$	过滤时间 $\bar{a}\text{n} \cdot \text{in}$
不膨化脱胚玉米	1110	1142	610	158	9913	1	0136	26	1219	1219	7010	70
膨化脱胚玉米	515	1128	610	138	9412	1	0132	20	1213	1118	9010	55
膨化大米	810	1116	611	121	8510	1	0138	22	1211	1110	10410	60
不膨化大米	715	1147	519	141	7313	1	0139	22	1012	1012	9210	66
膨化带胚玉米	910	1127	611	127	7213	1	0142	20	1214	1012	11510	50

注: 11 试验日期: 2000 年 7 月 2 日~ 6 日。地点: 哈尔滨轻工业学校。试验设备: 汉德啤酒公司制造。21 试验用辅料为 613 kg, 麦芽为 1117 kg。麦汁醪液均按 112 中的对应糖化方法制得。31 表中各试验物料对应的麦汁醪液过滤时, 均耕槽一次, 洗槽一次。

表 4 表 3 中各醪液的发酵结果

Table 4 The fermentation results of mashes in Table 3

降糖幅度 $\bar{o}\text{B}_\text{x}$	不膨化脱胚玉米						膨化脱胚玉米						膨化大米						不膨化大米					
	7 月 2 日进罐						7 月 4 日进罐						7 月 3 日进罐						7 月 6 日进罐					
日期 $\bar{o}\text{B}_\text{x}$	07203	07204	07205	07206	07207	07208	07205	07206	07207	07209	07211	07204	07205	07206	07209	07211	07207	07208	07209	07211				
糖度 $\bar{o}\text{B}_\text{x}$	1211	913	518	415	310	218	1010	812	415	217	216	917	714	413	213	118	810	615	415	214				
	(封罐)						(封罐)						(封罐)						(封罐)					
进罐至封罐时间 $\bar{o}\text{d}$	4						3						3						3					
降糖幅度 $\bar{o}\text{B}_\text{x}$	218	315	113	115	012		118	317	118	011		213	311	210	015		115	210	211					

表 5 膨化与不膨化大米辅料的浸出物收得率

Table 5 The obtaining ratios of extractions of extrusion and non-extrusion rice beer adjuncts

物料	原麦汁糖度 $\bar{o}\text{B}_\text{x}$	定型麦汁糖度 $\bar{o}\text{B}_\text{x}$	体积 $\bar{a}\text{L}$	定型麦汁浓度 $\bar{o}\%$	密度 $\bar{o}\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$	过滤时间 $\bar{a}\text{n} \cdot \text{in} \cdot \text{mL}^{-1}$	残糖 $\bar{o}\text{B}_\text{x}$	浸出物收得率 $\bar{o}\%$
膨化大米	1214	1110	100	111075	11020 0	80	715	60125
不膨化大米	1118	1010	105	91776	11014 7	78	511	55155

注: 11 试验日期: 2000 年 7 月 8 日~ 10 日。地点: 哈尔滨轻工业学校。试验设备: 哈尔滨汉德啤酒公司制造的微型啤酒设备(100 L)
21 辅料(大米)为 613 kg, 麦芽为 1117 kg。总重 18 kg。麦汁醪液均按 112 中的对应糖化方法制得。
31 表中各试验物料对应的麦汁醪液过滤时, 均耕槽一次, 洗槽一次。

表 6 表 5 中大米辅料对应醪液发酵结果

Table 6 The fermentation results of corresponding mashes of extrusion and non-extrusion rice beer adjuncts in Table 5										
物料	膨化大米(08208) 进罐					不膨化大米(08209) 日进罐				
日期ö月2日	08209	08210	08211	08212	08214	08210	08211	08212	08213	08214
糖度ößx	11	716	415 (封罐)	214	211	10	814	614	415 (封罐)	313
进罐至封罐时间öd			3							4
降糖幅度ößx		315	311	311	015	116	210	211	112	

212 分析与讨论

21211 能耗

以大米为例, 不膨化大米含水率 1115%, 麦芽含水率 9%, 膨化大米含水率 815%。经计算^[9], 不膨化大米比热容 $C_{\text{大米}}$ 、麦芽比热容 $C_{\text{麦芽}}$ 和膨化大米比热容 $C_{\text{膨化大米}}$ 分别为: $C_{\text{大米}} = 11852.4 \text{ kJ} \cdot (\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})^{-1}$, $C_{\text{麦芽}} = 11786.5 \text{ kJ} \cdot (\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})^{-1}$ 和 $C_{\text{膨化大米}} = 11773.3 \text{ kJ} \cdot (\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})^{-1}$ 。设水的比热容 $C_{\text{水}} = 4118 \text{ kJ} \cdot (\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})^{-1}$ 。本次试验膨化大米啤酒辅料用量为 613 kg, 麦芽用量为 1117 kg, 水用量为 81 kg。膨化大米与不膨化大米对应的麦汁醪液比热容分别为 $C_{\text{膨醪}}$ 和 $C_{\text{醪}}$ 。则 $C_{\text{膨醪}} = 31744.0 \text{ kJ} \cdot (\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})^{-1}$, $C_{\text{醪}} = 31749.0 \text{ kJ} \cdot (\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})^{-1}$ ^[9]。设室温为 15 $^\circ\text{C}$, 按 112 中膨化大米啤酒辅料的糖化方法进行试验, 若忽略各阶段的热量损失, 设 Q_1 、 Q_2 分别为膨化大米辅料的能耗和糖化各阶段的能耗, 总能耗 $Q_E = Q_1 + Q_2$, 由于膨化大米啤酒辅料能耗为 67616 kJ/kg (见表 1)。则:

$$\begin{aligned} Q_1 &= 613 \times 67616 = 413119 \text{ kJ} \\ Q_2 &= 317440 \times (613 + 1117 + 81) \times (78 - 15) \\ &= 2335113 \text{ kJ} \\ Q_E &= 413119 + 2335113 = 2768312 \text{ kJ} \end{aligned}$$

传统未膨化大米辅料的醪液, 从室温升至 100 $^\circ\text{C}$, 需要的热量为 Q_3 。醪液煮沸时, 蒸发量以每小时 5% 计^[9], 设水的汽化潜热为 226110 kJ/kg, 煮沸时间为 40 min, 需要的热量为 Q_4 。麦芽糖化时, 需要热量为 Q_5 。并醪后由 63 $^\circ\text{C}$ 升温至过滤的温度 78 $^\circ\text{C}$, 需要的热量为 Q_6 。则:

$$\begin{aligned} Q_3 &= (613 \times 11852.4 + 1126 \times 11786.5 + 4118 \times 45136) \times (100 - 15) = 1729917 \text{ kJ} \\ Q_4 &= (613 + 1126 + 45136) \times 5\% \times 226110 \times 40 \div 60 = 398814 \text{ kJ} \\ Q_5 &= (10144 \times 11786.5 + 31132 \times 4118) \times (50 - 15) = 523510 \text{ kJ} \end{aligned}$$

并醪后, 醪液比热容 $C_{\text{并醪}}$ 为:

$$\begin{aligned} C_{\text{并醪}} &= (613 \times 11852.4 + 1117 \times 11786.5 + 418 \times 81) \div (613 + 1117 + 81) \\ &= 31749.0 \text{ kJ} \cdot (\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_6 &= 31749.0 \times (613 + 1117 + 81) \times (78 - 63) \\ &= 556713 \text{ kJ} \end{aligned}$$

传统没膨化大米辅料糖化过程中能耗

$$\begin{aligned} Q_{NE} &= Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 \\ Q_{NE} &= 1729917 + 398814 + 523510 + 556713 \\ &= 3209014 \text{ kJ} \end{aligned}$$

则膨化大米辅料比不膨化大米辅料在糖化过程中节约能耗为:

$$(Q_{NE} - Q_E) \div Q_{NE} = 1317\%$$

可见, 与传统蒸煮糊化大米辅料相比, 由于挤压膨化大米啤酒辅料, 省去了传统蒸煮糊化阶段, 其糖化过程中能耗明显降低。

21212 糖化

由表 3 原麦汁的主要糖化指标可见, 膨化啤酒辅料与不膨化啤酒辅料相比, 膨化大米、膨化脱胚玉米辅料对应醪液的 A_{280} 氨基氮较低, 其余指标基本相同。由前述的膨化法与传统法可知, 传统法对应醪液的浓度高于膨化法对应醪液的浓度, 传统法对应醪液的蛋白酶浓度及底物的浓度均较高。使不膨化辅料的对应醪液的 A_{280} 氨基氮高于膨化辅料对应醪液的 A_{280} 氨基氮值。

表 2、表 3、表 5 表明传统法和膨化法对应的醪液的过滤速度, 基本相同。膨化啤酒辅料对应的定型麦汁主要指标优于没膨化辅料的对应值。其中, 膨化啤酒辅料的浸出物收得率高于未膨化啤酒对应值 8136% ~ 12185%。这主要是由于膨化啤酒辅料的组织结构疏松, 易被麦芽中多种酶分解, 使醪液中浸出物含量增加所致。

由 211 中传统法和膨化法的差异可见, 后者省去煮沸。由 21211 中能耗计算发现, 由于煮沸, 使醪液蒸发量增加 21646 kg, 即 $[(613 + 1126 + 45136) \times 5\%]$ ^[9], 占总耗水 3127% (即 $21646 \div 81 \times 100\%$)。可见糖化时, 膨化辅料比未膨化啤酒辅料节水 3%。

21213 发酵

表 4 和表 6 中数据, 是在国产 100 L 微型啤酒生产设备的发酵试验结果。可见, 膨化法与传统法对应的醪液相比, 前者比后者的麦汁醪液进罐至封罐

的时间短, 每天降糖幅度大。前者比后者的发酵时间约减少 10% ~ 25%。由表 3 可见, 膨化啤酒辅料与未膨化啤酒辅料对应的醪液相比, 前者醪液的 A_{280} 基氮少, 但这并不影响后期的发酵结果。

3 结 论

1) 实验室试验和在国产 100 L 微型啤酒生产设备的试验表明, 只要啤酒辅料挤压膨化系统参数选择合适, 其麦汁醪液的糖化、过滤可顺利进行。

2) 未化啤酒辅料比未膨化啤酒辅料, 在糖化过程中节约能耗 1317%。实际生产的糖化过程中, 未膨化啤酒辅料对应的醪液, 在 100 °C 保温 40~ 50 min, 耗能多, 前者比后者节能 1317 %。

3) 膨化啤酒辅料比未膨化啤酒辅料对应醪液的浸出物收得率高 8136% ~ 12185%。

4) 膨化啤酒辅料与未膨化啤酒辅料对应的醪液的主要糖化指标基本相同, 但前者比后者的 A_{280} 基氮低, 但这不影响后期的发酵结果。且前者比后者节水 3%。

5) 膨化啤酒辅料与未膨化啤酒辅料相比, 前者醪液的发酵时间比后者约减少 10% ~ 25%。

上述结论, 尚需进一步通过实验室试验和生产实践验证、完善。

[参 考 文 献]

[1] 王秀道译 膨化原料在啤酒酿造中的应用[J] (译自

[苏]酶与酒精工业 1984 2 食品与发酵工业, 1986, 4: 97~ 104

[2] Briggs D E, et al The use of extruded barley, wheat and maize as adjuncts in mashing[J] Journal of the Institute of Brewing, 1986, 92: 468~ 474

[3] Dale C J, et al Extruded sorghum as a brewing raw material[J] Journal of the Institute of Brewing, 1989, 95: 157~ 167.

[4] Delcour J A, et al Unmalted cereal products for beer brewing Part I The use of high percentages of regular corn starch and sorghum [J] Journal of the Institute of Brewing, July/August, 1989, 95: 271~ 276

[5] Frame N D. The technology of extrusion cooking [M] Printed in Great Britain by St Edmundsbury Press, 1994 237~ 250

[6] 秦日山 啤酒膨化原料在糖化中应用试验[J] 酿酒科技, 1990, 2: 19~ 20

[7] 申德超 膨化玉米作啤酒辅料的可行性试验研究[J] 农业工程学报, 1996, 12(3): 196~ 198

[8] 申德超 膨化带胚玉米作啤酒辅料的试验研究[J] 农业工程学报, 1999, 15(2): 202~ 207.

[9] 管敦仪 啤酒工业手册(中册)[M] 北京: 轻工业出版社, 1986 184~ 216

[10] 顾国贤 酿造酒工艺学[M] 第 2 版 北京: 中国轻工业出版社, 1999, 167~ 180

[11] 吕如良等 电工手册[M] 上海: 上海科技出版社, 2000 12 34~ 36

Test Study on Extruded Beer Adjunct for Brewing Beer

Shen Dechao

(Engineering College, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract: The properties of boiled and non-boiled mashes of extruded and non-extruded beer adjuncts were studied by experiments at the laboratory and the domestic micro-equipment used for producing beer. The test results indicate that the main saccharification indexes and filtration rate of non-boiled mashes of extruded and non-extruded beer adjuncts are same basically. The extraction obtaining ratio of mash of extruded beer adjunct is 8% more than that of non-extruded beer adjunct. The fermentation time of boiled mash of extruded adjunct is 10% less than that of non-extruded beer adjunct. The energy consumption of extruded beer adjunct in saccharification process is 13% less than that of non-extruded beer adjunct. The water consumption of extruded beer adjunct in saccharification process is 3% less than that of traditional cooking non-extruded beer adjunct.

Key words: beer adjunct; extrusion; fermentation; saccharification