

发酵译丛

FAJIAO
YICONG

● 轻工业部食品发酵工业科学研究所《发酵译丛》编辑委员会

● 轻工业出版社

第 2 期

29

1308.1

.2

发 酵 译 丛

第二期

轻工业部食品发酵工业科学研究所
《发酵译丛》编辑委员会

轻工业出版社

发酵译丛

第二期

轻工业部食品发酵工业科学研究所

《发酵译丛》编辑委员会

轻工业出版社出版

(北京阜成路8号)

轻工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

787×1092毫米1/16 印张: $7\frac{12}{16}$ 字数: 199千字

1985年9月

第一版第一次印刷

印数: 1—4,000

定价: 1.50元

统一书号: 15042·1072

告 读 者

五十年代编辑出版的专业科技刊物《制酒译丛》，对于发酵工业的发展曾提供了不少有益的参考资料，为贯彻“洋为中用”的方针起了桥梁作用，对我国发酵工业的发展作出了积极的贡献，因而受到广大读者的欢迎。十年动乱期间被迫停刊。党的十二大制订了全面开创社会主义现代化建设新局面的方针，发酵工业面临着前所未有的大好形势。应广大读者迫切要求，并经有关部门批准，现在复刊，和大家重新见面。为适应发酵工业发展的需要，将原刊名《制酒译丛》改为《发酵译丛》，刊物所报道的内容将更为广泛和丰富。现暂定为不定期出版。

本刊选载发酵行业各个专业的国外科技动态，着重介绍新工艺、新技术、新设备、新材料等译文。可供发酵专业的工厂、科研设计单位、管理部门的广大科技人员、工人，以及大中专学校的师生参考。

本刊欢迎广大读者踊跃来稿，并欢迎读者对本刊提出宝贵的批评建议。

《发酵译丛》编辑委员会

目 录

啤酒原料和辅料的新领域.....	(1)
谷类酒精发酵技术的变迁.....	(17)
美国最近的酒精发酵技术及其经济评价.....	(26)
氨基酸发酵研究的发展与展望.....	(34)
氨基酸的利用——在食品、医药品、精细化工产品领域里的最新情况.....	(45)
利用一株发酵木糖的酵母菌变种直接从木糖发酵制酒精.....	(56)
用马克斯克鲁维酵母 (<i>Kluyveromyces marzianus</i>)	
菌种直接发酵D-木糖制取酒精.....	(63)
苏联对微生物蛋白的研究和成就.....	(66)
甜酒-伏特加酒用香液成分的组成.....	(72)
树液酵母产生香气的研究.....	(75)
葡萄酒明串珠菌ML34在藻酸钙凝胶中的固定化	
及其在葡萄酒工艺中的应用.....	(83)
活性干酵母在葡萄酒生产中的应用.....	(88)
以废糖蜜为原料利用酵母细胞循环快速生产酒精.....	(89)
苹果酸和乳酸的薄层色谱分析.....	(94)
伏特加酒的生产方法.....	(96)
薄膜过滤在发酵液浓缩中的应用.....	(99)
国外生产麦芽的新型设备.....	(106)
多级连续浓缩发酵装置.....	(107)
应用微机实现发酵装置的自动控制.....	(110)

啤酒原料和辅料的新领域

柳冰雄 编译

一、麦芽的代用料(adjutant)和糖化用的辅料(adjunct)⁽¹⁾

美国和日本都用大米或玉米作酿造啤酒的辅料。

添加辅料过多，将冲淡麦芽特性，改变啤酒传统理化性能和风味。但如果用未发芽谷物代替部分麦芽（作为麦芽的辅助剂）可以模拟出较理想的麦汁。这样可以不增添制麦设备，只增加酿造能力，可以达到增加啤酒产量的目的。

1977年美国加利福尼亚大学食品科学工艺系发表了一篇中型试验报告。他们用多种不发芽谷物代替部分麦芽进行糖化，且不加酶制剂，结果证明以小麦效果最好。各原料基本性能列于表1。

表1 麦芽及不发芽谷物的主要性能

谷物名称及编号	千粒重 (千基)	水分 (%)	蛋白质(%,干基)
① 对照麦芽 (Klages)	35.1	7.92	12.4
② 麦芽 (Larker)	34.0	5.88	11.3
③ 麦芽 (Pirolina)	32.2	5.62	11.6
④ 大麦 (Traill)	37.6	9.54	12.0
⑤ 大麦 (Compana)	42.2	8.18	16.5
⑥ 大麦 (Waxy Compana)	49.7	8.54	16.6
⑦ 大麦 (Glacier)	44.1	8.18	13.9
⑧ 大麦 (高直链淀粉)	46.6	7.72	14.2
⑨ 大麦 (Wocus)	52.2	8.02	12.5
⑩ 燕麦 (Montezuma)	36.1	7.47	12.3
⑪ 燕麦 (Curt)	33.8	9.13	12.8
⑫ 裸麦 (Merced)	20.4	8.40	13.3
⑬ 小麦 (Cinnamon triticale)	42.0	8.71	16.2
⑭ 小麦 (UC 8825 triticale)	41.3	8.67	13.8
⑮ 小麦 (Yecora)	44.9	8.85	16.7
⑯ 小麦 (Leeds)	44.4	8.78	16.2
⑰ 小麦 (Anza)	31.8	9.23	13.8
⑱ 小麦 (ND 6655)	51.8	8.71	14.1
⑲ 酿造用大米 (Brewer's rice)	—	10.74	8.2
⑳ 粗大米 (Rough rice)	28.7	9.52	6.7
㉑ 精制玉米粉 (Refine corn grits)	—	11.17	—

从表1看出，大多数的未发芽谷物其千粒重及蛋白质都高于麦芽。表2说明某些大麦及小麦的游离糖化力接近或超过麦芽的游离糖化力。而麦芽的潜在糖化力占总糖化力

表 2

未发芽谷物及麦芽中主要酶活力比较 (干基计算)

谷物名称及编号	游离糖化力	总糖化力	潜在糖化力占总糖化力%	相对蛋白酶活力*
① 对照麦芽	97	130	25	141
② 麦芽	132	140	11	163
③ 麦芽	89	102	13	171
④ 大麦	28	44	36	255
⑤ 大麦	70	98	29	169
⑥ 大麦	73	131	44	172
⑦ 大麦	15	40	63	143
⑧ 大麦	9	40	78	158
⑨ 大麦	28	98	71	133
⑩ 燕麦	2	5	60	308
⑪ 燕麦	8	8	0	392
⑫ 裸麦	48	63	24	92
⑬ 小麦 (triticale)	134	237	44	168
⑭ 小麦 (triticale)	166	189	12	204
⑮ 小麦 (wheat)	78	187	58	96
⑯ 小麦 (wheat)	106	154	31	153
⑰ 小麦 (wheat)	96	127	24	102
⑱ 小麦 (wheat)	217	229	5	167
⑲ 大米	0	0	0	185
⑳ 粗大米	0	0	0	335
㉑ 精制玉米粉	0	0	0	14

* 相对蛋白酶活力以 $A620 \times 10^3$ 表示糖化力, 用美国标准法。

的%普遍低于未发芽谷物的潜在糖化力的%。值得注意的是小麦的糖化力很高: 而且小麦淀粉几乎和麦芽淀粉一样易于胶化 (gelatinize)。未发芽谷物的蛋白酶活力通常与麦芽同一水平或者高于麦芽。可能是麦芽在干燥过程造成酶活力下降。两个燕麦的蛋白酶活力很强。

图 1 列出了各种谷物与麦芽浸出物的比较。测定方法是采用美国谷物辅料方法五 (American Society of Brewing Chemists Methods of Analysis, 6th ed. The Society, St Paul Minn 1958, Cereal Adjuncts-5 Method)。除了几个小麦品种外, 未发芽谷物的浸出物产量 (干基计) 都低于麦芽, 以燕麦最低, 因为燕麦自身糖化力很低。酿造用大米与精制玉米粉都高于麦芽, 特别是经煮沸后, 其产量更高。其他未发芽谷物虽经煮沸其浸出物产量亦低。

小型麦芽汁制备方法如下:

用不锈钢制20升容量糖化设备, 配备改良过滤槽。辅料或未发芽谷物用量按浸出物总量的40%添加。只有精制玉米粉经煮沸, 其他谷物则不经煮沸, 与麦芽一起于40℃进行糖化: 30分钟后, 以2℃/分的速度升温至70℃, 于70℃维持40分钟, 再迅速升至77℃, 再送入预热好的过滤槽中, 静置30分钟, 然后过滤。从过滤开始至煮沸锅中收集满22升澄清麦汁为止, 记录此段时间。

麦汁于13℃恒温发酵10天, 并测定酒液中悬浮酵母干重, 酒液比重以及pH值。发

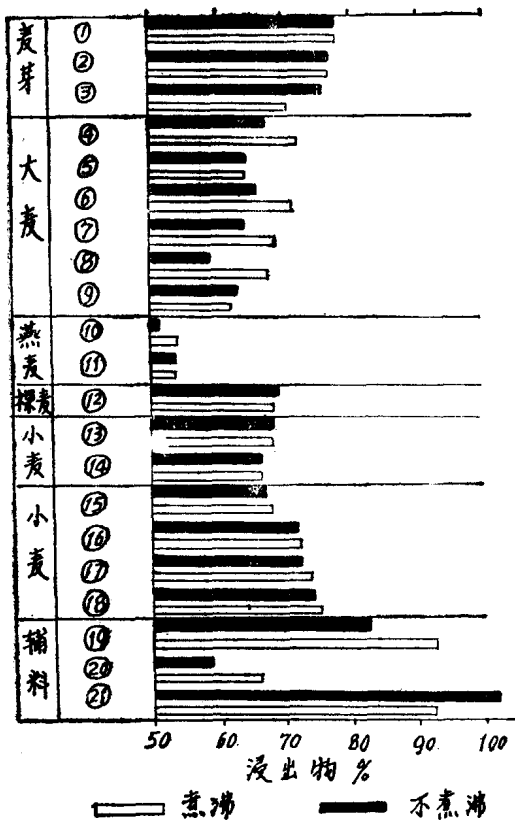


图1 各种谷物原料浸出物产量比较

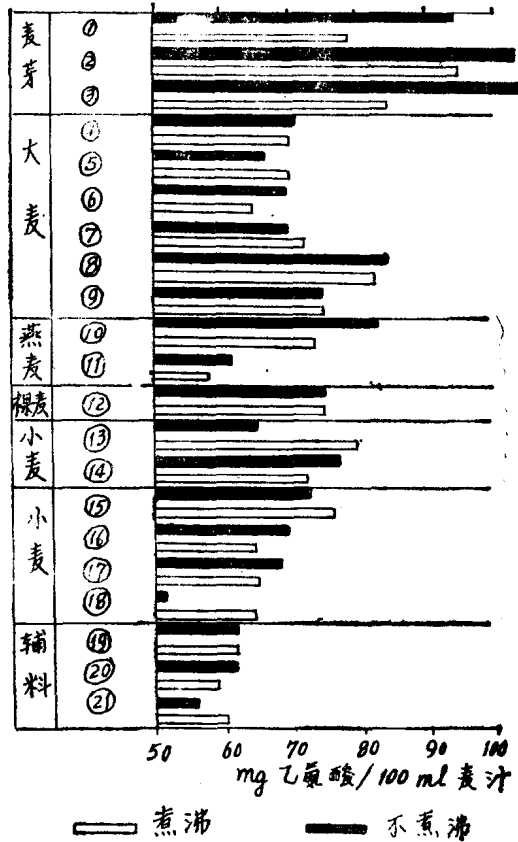


图2 麦汁的氨基酸含量比较

酵液于0℃贮藏21天。过滤，充CO₂，装瓶。用ASBC标准法测成品酒质量。

从表3看出添加大麦、燕麦、裸麦的麦汁的粘度都比全麦芽麦汁要高，而几个小麦麦汁的粘度与全麦芽麦汁粘度相近。用酿造大米和玉米作辅料的麦汁其粘度比全麦芽麦汁要低。大麦麦汁的pH与全麦芽麦汁相当，其他添加未发芽谷物的麦汁pH稍高。粘度则以全麦芽麦汁较低，而添加大米和玉米者最低，裸麦麦汁粘度最高。裸麦和燕麦可发酵浸出物都较低。

据Lewis (1988) 报道，若添加原大麦对醪液进行煮沸将显著地增加醪液粘度；此外从图1看出未发芽谷物醪液的煮沸对玉米来说不能增加浸出物产量，而大米煮沸增加浸出物产量；氨基酸含量，煮沸与否没有明显的增减(见图2)。因此根据图1，玉米可以免除糖化工艺过程的煮沸，既节约热能也减少酶损失。

表4说明，添加未发芽谷物(40%)与全麦芽麦汁相比，糖化间收得率(brewhouse yield%)都有下降。与玉米作辅料的麦汁相比亦明显低。至于过滤时间，添加未发芽谷物的过滤时间与全麦芽麦汁(50分)相当或稍快，但用玉米辅料的麦汁过滤时间只有45分钟。加裸麦的麦汁过滤时间最长，为100分钟。表4中各种麦汁发酵顺利，10天之内达终点。降糖速度，pH变化，酵母生长和沉降都正常。所得成品酒的冷稳定性(裸

表 3

美国用谷物辅料制备麦汁的性能比较

原料及编号	麦汁pH		麦汁浊度		麦汁粘度	可发酵浸出物 (对总浸出物%)	
	NB	B	NB	B	NB	NB	B
① 对照麦芽	5.75	5.72	1	4	1.120	62.7	62.0
② 麦芽	5.77	5.75	0	0	1.060	65.1	63.3
③ 麦芽	5.80	5.77	0	0	1.120	55.1	56.6
④ 大麦	5.65	5.57	4	2	1.270	64.7	65.7
⑤ 大麦	5.62	5.55	4	2	1.540	65.3	65.3
⑥ 大麦	5.72	5.73	2	2	1.520	62.2	63.8
⑦ 大麦	5.79	5.76	4	4	1.600	63.9	65.8
⑧ 大麦	5.75	5.76	3	4	1.480	58.8	62.1
⑨ 大麦	5.84	5.82	4	1	1.670	55.1	55.4
⑩ 燕麦	5.89	5.90	3	2	1.770	55.9	54.1
⑪ 燕麦	5.82	5.82	3	5	1.500	60.4	58.2
⑫ 裸麦	6.00	5.97	5	5	1.740	56.8	56.7
⑬ 小麦 (triticale)	6.02	6.04	2	2	1.130	63.4	64.6
⑭ 小麦 (triticale)	6.01	6.01	1	2	1.220	65.6	65.8
⑮ 小麦 (wheat)	6.00	6.01	2	1	1.100	64.6	65.4
⑯ 小麦 (wheat)	5.94	5.93	4	2	1.160	60.6	62.7
⑰ 小麦 (wheat)	5.93	5.89	3	1	1.120	60.1	62.9
⑱ 小麦 (wheat)	5.96	5.91	3	2	1.140	61.5	62.6
⑲ 酿造用大米	5.96	5.92	3	1	1.030	68.3	65.7
⑳ 粗大米	5.97	5.94	3	2	1.070	64.6	65.3
㉑ 精制玉米粉	5.85	5.89	3	0	1.020	62.6	66.1

浊度表示: 0=不混浊 1=轻微混浊 2=轻度混浊 3=中等混浊 4=混浊 5=很混浊。

粘度单位: cP (厘泊) NB=不煮沸 B=煮沸。

麦啤酒除外)都和加玉米的对照样啤酒近似。加小麦的啤酒其冷稳定性稍胜过对照样。

口味品尝的结果, 加小麦和大麦的啤酒, 多数都相当或超过加玉米的对照酒。

据上述实验说明, 未发芽谷物不能只看成是“没有酶活性”的浸出物来源, 实际上某些小麦 (wheat和triticale) 和大麦, 其糖化力特别高, 但由于 β -淀粉酶活性不强且不耐热, 所以Homilton等的试验中添加了 β -淀粉酶。未发芽谷物也能提供麦汁一定量的氨基酸, 但由于谷物发芽过程是蛋白分解产生氨基酸的主要阶段, 所以尽管各种未发芽谷物的蛋白酶活性很高, 由于未经发芽, 所以不可能像麦芽那样提供充足的氨基酸。

上述某些未发芽谷物的千粒重, 理化特性, 制成的麦汁成分以及谷粒粉碎特征都与麦芽类似。所以它们可以作为麦芽的代用品或辅助剂(adjuvat); 即麦芽与部分未发芽谷物的混合物 (blend) 代替麦芽。实践证明, 几个小麦品种作为麦芽的代用品的可能性很大。它们能提供与麦芽相同或稍高的糖化力和蛋白酶活力, 浸出物几乎相等, 氨基酸约为麦芽的一半, 麦芽与小麦的粉碎粒度相当, 成品酒与玉米辅料啤酒风味接近。而大麦作为制麦原料更能显示其优越性。

表 4 十个未发芽谷物作辅料 (40%)，不煮沸，酿造分析比较

	啤 酒 编 号											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	玉米 (对照)	Trail 大麦	Compan 大麦	Waxy Co- mpans 大麦	Glacier 大麦	Glacier 高淀粉 大麦	Merced 裸麦	Cinnamon 小麦	UC8825 小麦	ND6665 Durum 小麦	Yecora 小麦	全麦芽 (对照)
pH	4.53	4.77	4.81	4.65	4.53	4.83	4.86	4.65	4.71	4.74	4.76	4.54
色度 (°SRM)	1.89	3.47	2.69	3.72	3.02	2.67	12.06	2.96	3.67	2.44	3.02	2.56
苦味值	19.5	18.0	19.5	19.5	20.7	20.0	21.0	21.5	18.5	18.0	18.0	19.0
外观浸出物*P	2.62	4.38	4.29	4.67	3.27	3.41	4.03	3.81	4.47	3.61	3.77	3.68
乙醇% (重量)	2.86	2.22	2.57	2.12	2.30	2.07	2.07	2.46	2.42	2.23	2.92	2.58
真正浸出物*P	3.93	6.26	6.16	5.73	4.44	4.31	6.02	4.96	5.66	5.67	6.16	4.86
原始浓度*P	8.46	8.90	9.50	8.98	7.95	7.60	8.23	8.82	9.38	8.15	9.22	8.94
真正发酵度%	68.9	60.4	64.8	47.8	58.7	65.0	50.8	66.6	52.2	55.5	68.9	68.7
外观发酵度%	69.1	60.8	64.9	48.0	58.9	55.2	51.0	56.8	62.4	55.7	69.1	68.6
糖化固得率%*	64.1	56.4	63.2	66.2	63.5	47.6	54.6	57.4	61.3	58.9	62.0	65
过滤时间 (分)	45	55	45	60	45	—	100	60	65	65	66	50
冷混浊 (FTU)	500	450	450	400	700	500	—	420	450	370	300	480

* —Brewhouse yield, %.

二. 小米高粱及大麦制啤酒²¹

传统的非洲不透明啤酒(opaque beer), 是用高粱或高粱与玉米混合料酿造的。象喀麦隆的Amgba啤酒, 尼日利亚的otika啤酒, 南非的kaffir啤酒, 都是低酒精饮料。以高粱发芽(以下简称高粱麦芽)作原料, 其高粱消耗量有时高达非洲高粱产量的30%。

表5 不同原料微型发芽试验效果的比较

原料名称及代号	浸麦及发芽 时间(天)	根芽 (%)	制麦损失 (%)	产生的液化力 (Bu/g无水谷物)	溶解度 (20℃比重)
小米 (Imele)(FI)	3	0.2	0.2	47	1.30
	4	2.2	2.7	297	1.26
	5	5.1	6.4	384	1.19
	6	9.5	11.9	470	1.11
	7	10.1	12.6	428	1.10
高粱 (Andivo)(SA)	6	5.8	8.6	38	1.07
	7	6.7	11.0	62	1.07
	8	7.7	15.4	180	1.06
	9	9.0	19.5	220	1.04
	10	10.2	19.7	190	1.02
高粱 (Ingumba)(SI)	5	3.6	9.7	141	1.06
	6	4.8	11.0	254	1.06
	7	5.9	12.4	302	1.03
	8	7.4	13.8	289	1.03
	9	8.0	15.3	148	1.03
大麦 (Research)(BR)	3	1.5	5.0	309	1.21
	4	3.0	8.5	306	1.20
	5	5.0	11.0	441	1.16
	6	6.0	13.0	391	1.16
	7	6.5	15.0	365	1.14

注. 液化力测定, Ranum法, 取39克干玉米淀粉放Brabender Amylograph研钵中, 加入0.5~1克待测谷物粉碎样品(其量根据酶活力而定), 加450ml蒸馏水, 充分混匀。以玉米淀粉加水的最高粘度值(即不加麦芽)作为对照, 用玉米淀粉加水加麦芽试样的粘度值相减, 其差值用Bu (Brabender Units)表示, 产生的液化力用“Bu/g无水谷物”表示。

肯尼亚的传统不透明啤酒Busaa 则以小米 (Eleusine coracana) 和玉米为原料酿造。有关微生物和工艺情况Nout(1980)已有报道。

小米的传统发芽工艺与高粱类似：连续浸渍24小时，用湿麻袋覆盖5~10厘米厚，发芽2~3天，日光下晒干1~2天。从浸渍至干燥全保持25~30℃。从1959年到1980年，Novellie等企图用高粱发芽以取代传统麦芽，而且想尽可能用高粱代替大麦已作了大量试验工作。至于用小米发芽(以下称小米麦芽)的试验，除了1953年Chandrasekhara等人有过报道之外，对此知道的很少。

表5数据说明，小米经过发芽在一定时间内其液化力可与大麦芽相比，甚至可以超过。

表6列出四个原料的总糖化力以大麦最高， α -淀粉酶活力都互相接近， β -淀粉酶活力则以大麦突出地高，比小米高50~60倍，比高粱高10倍左右。

表6 不同原料在发芽期的酶活力变化

原料及期代号	浸麦发芽时间 (天)	*IoB	糖化酶活力WK						蛋白酶 活性 (mgN)	内- β -葡聚糖酶 (IRVU)
			水浸出液			脉浸出液				
			DP	α -A	β -A	DP	α -A	β -A		
小米 (FI)	0	2	4	4	0	46	46	0	82	
	5	16	37	32	5	72	65	7	151	80
	6	21	61	54	7	87	78	9	102	162
	7	17	42	36	6	83	77	6	104	158
高粱 (SA)	0	5	17	11	8	31	31	0	24	
	8	24	70	38	32	135	86	49	55	115
	9	25	72	44	28	152	118	34	39	180
	10	16	36	36	0	67	67	0	32	237
高粱 (SI)	0	11	28	20	8	58	48	10	8	
	6	21	55	43	12	103	83	20	120	50
	7	33	101	59	42	113	93	20	189	110
	8	26	74	58	15	118	96	21	133	190
	9	22	59	42	17	101	83	18	119	238
大麦 (BR)	0	74	232	3	229	272	30	242	35	
	4	107	343	43	300	443	77	366	226	246
	5	129	416	62	354	447	78	369	152	347
	6	124	407	41	367	439	77	362	141	340

注：所有酶活力单位都折算成无水谷物100克为基础。

*IoB=糖化力单位，相当“L单位见”L.B.1971, p.193.

DP=糖化力。

α -A= α -淀粉酶活力。

β -A= β -淀粉酶活力。

至于蛋白酶，以高粱SA较低，其余都不相上下，总趋势仍以大麦稍高。内- β -葡聚糖酶则以大麦稳定地高于其他三者。两个高粱品种的内- β -葡聚糖酶虽居中等，但其麦汁过滤性能都很差。

从以上数据看出,大麦作为啤酒原料或作为一种广谱酶源是理所当然的。

表6中列出两组糖化酶活力,其一是用蒸馏水制作麦芽浸出液,另一方是Novellie (1959)用2%蛋白胨溶液作麦芽浸出液,可能是由于蛋白胨对酶溶出产生不平衡(disproportional)作用,因而使得后者测出活性要高些。

表7说明四种原料的 α -淀粉酶的热稳定性都较好,而且相差不大。干燥温度从50℃上升至100℃,其 α -淀粉酶成规律性下降;但 β -淀粉酶情况不同,小米和高粱的 β -淀粉酶耐热性差,于50℃干燥16小时,其 β -淀粉酶活性全消失。大麦芽的 β -淀粉酶于70℃干燥16小时与50℃干燥16小时相比, β -淀粉酶约下降1/2以上。总之各种原料的 β -淀粉酶都不如 α -淀粉酶耐性高。为保存大麦芽的 β -淀粉酶活性,干燥温度最好保持在60℃以下,而非洲的小米和高粱制麦过程,从浸麦至干燥都维持25~30℃,蛋白酶活性以小米较耐热,其次为大麦,高粱的蛋白酶在80℃以上明显被破坏。

从表8看出,大麦的浸出物最高,比高粱和小米约高出40~80%。因为高粱和小米籽粒较小,谷皮相对量高,是造成浸出物低的主要原因。赤霉酸对高粱浸出物的提高无

表7 烘干温度对酶活力的影响

原料及代号	烘干温度 (℃)	淀粉酶动力(WK)(胨浸出液)			蛋白酶活力 (mgN)
		DP	α -A	β -A	
小米 (FI)	50	72	65	7	151
	60	54	54	0	217
	70	52	52	9	204
	80	51	51	0	254
	90	43	43	0	192
	100	35	35	0	222
高粱 (SA)	50	135	86	49	55
	60	59	59	0	57
	70	81	81	0	10
	80	57	57	0	32
	90	45	45	0	24
	100	36	36	0	10
高粱 (SI)	50	113	93	20	189
	60	71	52	18	67
	70	86	86	0	34
	80	60	60	0	67
	90	54	54	0	2
	100	22	22	0	13
大麦 (BR)	50	447	78	269	152
	60	332	68	254	117
	70	225	54	171	211
	80	141	43	98	322
	90	171	50	67	269
	100	64	23	41	96

注:先在50℃以下干燥16~20小时,再升至50°、60°、70°……逐个试验,各维持16小时,酶活力按100克无本谷物计算。

表 8

加赤霉素对各种原料制麦的影响

原料品种 与代号	浸麦发 芽天数 (天)	添加 GA ₃ (ppm)	细粉浸 出物 (%P)	糖化 时间 (分)	过滤 状况	色度 (EBC)	澄清度	pH	总可溶氮 (mg/100ml)
小米 (FI)	7	—	47.5	35	快	4.5	透明	5.90	50.4
	7	0.02	52.4	35	快	4.5	透明	5.93	55.4
	7	0.2	51.9	35	快	5.0	透明	5.86	58.2
高粱 (SA)	10	—	30.9	60	慢	与EBC不 符, 未测	混浊	6.50	53.2
	10	0.02	21.7	60	慢		混浊	6.27	52.6
	10	0.2	35.7	60	慢		混浊	6.36	51.5
高粱 (SI)	9	—	54.3	60	慢	与EBC不 符, 未测	透明	6.15	63.3
	9	0.02	50.3	60	慢		透明	6.27	68.8
	9	0.2	55.4	60	慢		透明	6.36	63.8
大麦 (BK)	7	—	73.2	15	正常	2.0	透明	6.05	56.6
	7	0.02	75.5	15	正常	2.0	透明	6.08	61.6
	7	0.2	76.5	15	正常	2.0	透明	6.08	68.9

效, 对小米和大麦有一定效果。

由于小米和高粱的糖化力相当低, 所以其糖化时间分别为大麦的 2 至 4 倍。高粱麦汁的过滤速度相当缓慢。

小米在肯尼亚农民中很受欢迎, 不易受虫害。若用传统制麦设备以小米作发芽原料, 则须更换设备的筛孔直径。小米粒小, 其透水性和通风性能差, 所以要相应地加大风机, 加强搅拌以防根芽缠结成块。

Novellie发现, 要使高粱的糖化力提高, 发芽温度应维持25~30℃, 而对高粱SI则宜用15~30℃。本实验证明最适温度为25~30℃。

三、绿麦芽的应用^{[3][4]}

麦芽烘干在某种程度来说是一种“浪费”, 烘干时排出大量水分, 至糖化又重新大量加水; 糖化过程为节省麦芽用量而要求麦芽具有足够多的各种酶活力, 以便增加辅料用量降低成本, 而麦芽烘干却使大量酶失活, 按生化原理显然不合理。

于六十年代初, 英国Mac William和Duff等人, 出于对连续糖化工艺的配合之愿望; 节约能源; 节约麦芽用量以及节省麦芽干燥和库存设备的费用, 从而进行了绿麦芽直接用于糖化的试验。

绿麦芽含酶活力高且品系全，因而可大量增加辅料用量。他们生产出了上面发酵法的Stout啤酒，成品分析与烘干麦芽啤酒几乎完全相同。绿麦芽试验用量为20%，40%，60%，80%。另加9%烘干麦芽。工艺上的主要困难是绿麦芽不宜用传统辊筒式粉碎机粉碎。造成浸出物收得率低以及污染等困难。

经过Mac William等努力，采用三个不同转速的辊筒式粉碎机克服了此困难。

表9说明绿麦芽的糖分回收率比烘干麦芽略有提高，发酵度高10%左右。因绿麦芽除含有较高的 α -和 β -淀粉酶之外，尚有足够的界限糊精酶。表10进一步说明，绿麦芽麦汁由于糊精大部分被分解，所以麦芽糖和麦芽三糖特别高，又由于蔗糖酶活性稍大，所以葡萄糖和果糖亦高。表9还说明由于蛋白分解酶活性强所以可溶氮和氨基氮都比烘干麦芽麦汁高。这就提供了充分的色素前驱物质——氨基酸和糖类。所以绿麦芽麦汁色度约为烘干麦芽的3倍。但是绿麦芽麦汁的原花苷含量为烘干麦芽的1/3~1/9，这点对改进啤酒稳定性具有十分重要意义。

表9 绿麦芽麦汁和烘干麦芽麦汁的比较

	烘 干 麦 芽	绿 麦 芽
比重	1028	1028
pH	5.6	5.75~6.0
色度	3	8~10
总氮(mg/100ml)	40	60~75
氨基氮(对总氮%)	33	40
发酵度(%)	75	86
糖分回收(%)	98	99
原花色苷	0.45	0.05~0.15

表10 绿麦芽和烘干麦芽麦汁糖分比较(对总糖%)

	绿 麦 芽	烘 干 麦 芽
糊 精	13.8	24~30
麦 芽 三 糖	24.1	14~18
麦 芽 糖	51.3	42~45
蔗 糖	2.6	3~5
葡萄糖+果糖	12.2	8~10

未煮沸的绿麦芽汁具有不良风味，加酒花经煮沸(常压或减压)蒸发掉原体积的10%左右，即可排除此种不良风味。

表11说明，用混合配料制取的麦汁，其组成成分与表9中烘干麦芽麦汁十分接近。而表11中的麦汁原花色苷含量显著的低。

表 11

混合配料的麦汁组成成分

	50%绿麦芽 50%软小麦粉	50%绿麦芽 50%原大麦
比重	1029.9	1028.7
浸出物 (1b/Qt)	103.3	101.6
发酵度 (%)	80.0	78.2
糖回收率 (%)	97.0	96.5
总氮 (mg/100ml)	42.2	40.2
氨基氮 (占总氮%)	36.6	35.3
色度	6	6
pH	5.7	5.7
原花色苷	0.06~0.08	0.11

四、原大麦的应用^{[5][6]}

大麦在世界主要粮食作物中居第四位 (其余为小麦, 大米, 玉米)。它对自然环境适应性强, 全球广泛种植。

从表12看出, 大麦作为啤酒原料, 在地理条件方面具有极大优越性。但是作为粮食或经济作物, 由于单产量偏低必然缺乏经济效益上的竞争能力。从统计数字看出, 单产较高的欧洲1974年平均为3.39t/ha (折合成中国标准为452市斤/市亩)。看来大麦与其他主要粮食作物比较, 属于低产作物。因而从长远考虑, 寻求大麦的代用料生产啤酒是很有必要的。

1883年Lovibond就提出了在浸出糖化法中用未发芽原大麦代替部分麦芽。大约过60年后, Baker用25~50%的原大麦在实验室制取了麦汁, 他认为大麦必须充分粉碎以保证浸出物回收率。1963年Hudson等报道用25%原大麦75% Ale麦芽进行中型生产, 其工艺过程如下:

用浸出法糖化, 主糖化温度65℃, 加水比为2.59 l/kg混合料, 保温1.5小时后过滤, 洗槽。最终料水比为6.80 l/kg混合料, 过滤无困难。比全麦芽麦汁比重稍低。原因是大麦含水较高, 而可溶氮低, 故可浸出物低。大麦/麦芽的混合麦汁发酵正常, 成品酒无异味。

添加适量原大麦改进了啤酒的保存期和泡持性。酒花苦味值提高了, 可能是由于麦汁含氮降低之故。口味品尝表明, 试验酒与市售商品酒风味类似。

当今原大麦用作糖化辅料较为普遍, 但技术条件仍在继续探讨。

表 12 世界大麦总产量估测 (Agric. Econ. Stat. 25(2), 1976, p. 13)

地 区	种植面积 (10 ⁶ ha)				单位面积产量 (t/ha)				总产量 (10 ⁴ t)			
	1961~65	1973	1974	1975	1961~65	1973	1974	1975	1961~65	1973	1974	1975
	全世界	68	87.9	87.9	91.3	1.47	1.93	1.94	1.69	99.7	169.3	170.7
非洲	5.0	5.4	4.2	3.7	0.71	0.89	0.90	0.76	3.5	3.7	3.8	2.8
北、中、南美洲	7.0	9.3	8.3	8.2	1.81	2.12	1.89	2.21	12.7	19.8	15.7	18.1
南美洲	1.1	1.1	0.9	1.1	1.11	1.22	1.13	1.19	1.3	1.3	1.1	1.3
亚洲 (包括苏联)	22.6	22.9	23.3	24.0	1.19	1.30	1.36	1.44	27.0	29.9	31.6	34.4
欧洲	13.0	17.8	18.2	19.0	2.61	3.20	3.39	3.12	33.8	56.9	61.6	59.1
大洋洲	0.9	2.0	1.9	2.4	1.19	1.35	1.43	1.36	1.1	2.7	2.8	3.3
苏联	18.3	29.4	31.1	32.9	1.11	1.89	1.74	1.06	20.3	55.0	54.2	35.0

注: 1ha = 10⁴m².