

条件下对 10 种腐败菌均有抑制生长作用,而在 pH7 的条件下 只有双醋酸钠对 7/10 的腐败菌和山梨酸对 4/10 的腐败菌有抑制生长作用,在 pH8 的条件下 5 种防霉保鲜剂对 10 种腐败菌均失去了抑制生长作用。

2.4 防霉保鲜剂对腐败菌的抑菌比较试验结果

结果证明以山梨酸的抑菌效果最好,10/10 抑菌的最低浓度为 0.1%。双醋酸钠次之,10/10 抑菌的最低浓度为 0.5%,0.3% 浓度也有 5/10 抑菌作用。而苯甲酸钠、丙酸钙、丙酸钠在 1% 浓度之内均无抑菌作用。

2.5 防霉保鲜剂对霉菌的抑菌比较试验结果

试验结果也证明以山梨酸的抑菌效果为最好,14/14 抑菌的最低浓度为 0.3%,在 0.1% 浓度下也有 6/14 的菌株被抑制生长。双醋酸钠次之,14/14 抑菌的最低浓度为 1%,在 0.5% 浓度下也有 3/14 的菌株被抑制生长。而苯甲酸钠在 0.3%、0.5%、1% 的浓度下仅对黄青霉有抑菌作用,丙酸钙在 1% 浓度下仅对黄青霉和黑曲霉有抑菌作用,丙酸钠在 1% 浓度之内对 14 种霉菌均无抑菌作用。

3 结论与讨论

3.1 通过对 5 种防霉保鲜剂各项性能比较试验,证明山梨酸的耐热性和对细菌、霉菌的抑菌

效果均为最好,对酵母菌的发酵作用也无影响,因而较适合于糕点食品的防霉保鲜。

3.2 双醋酸钠是一种新型的防霉保鲜剂,国际上已经 FAO/WHO 和美国、日本等 7 国批准可作为食品添加剂使用,我国也已由北京化工研究院和杭州群力化工厂投入试生产,并开始在饲料、粮食上应用。本试验证明它的耐热性好,对酵母菌的发酵作用无影响,对细菌和霉菌的抑菌效果仅次于山梨酸。价格低廉,较适用于糕点食品的防霉保鲜。

3.3 根据试验,苯甲酸钠、丙酸钙、丙酸钠的耐热性差,在 1% 浓度下对细菌和霉菌均无抑制生长作用(“国标”规定使用最大限量苯甲酸钠为 0.1%,丙酸钙、丙酸钠为 0.25%),因此不是糕点食品理想的防霉保鲜剂。

3.4 试验证明,这 5 种防霉保鲜剂只有在 pH5 的酸性环境中才能充分发挥抑菌作用,pH7 的条件下只有山梨酸和双醋酸钠对部份细菌有抑制生长作用,而在 pH8 的条件下 5 种防霉保鲜剂全部失去抑菌作用。因为这些防霉保鲜剂都是通过未离解的有机酸来改变细菌细胞膜的通透性,然后进入菌细胞内破坏某些酶系统,而使细菌失去活性的,而 pH 值越低,未离解的有机酸含量就越高,所以抑菌作用就越强,因此更适于酸性食品的防霉保鲜。

模头规格对大米淀粉挤出物性状的影响

王 宁 卢承前 薛禾生 黄 志 殷泰安 刘冬生

中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所 100050

摘 要 采用中心旋转设计方法对试验变量进行分组,用 BRABENDER DC2000 型试验挤出机对市售大米淀粉进行挤压膨化,对经不同长径比(L/D)模头的挤出物的各性状取均值进行研究,结果表明:不同的工艺参数对膨化产物的作用不同。当模头的 L/D 从 3.1 增至 8.3 时,挤出物的密度(ρ)从 0.7136g/ml 减至 0.6500g/ml;但其 α 度却从 88.33% 增加到 98.42%。模头压力(P)也随之从 16.5 MPa 增大为

79.0 Mpa。用 SAS 软件研究各因素间的相关程度,发现尽管 P 与 L/D、 ρ 和 α 均无显著相关,但 L/D 分别同 ρ 和 α 之间、 ρ 同 α 之间确存在着显著相关。模头内腔的长度(L)和直径(D)分别也和 P、 ρ 及 α 存在着显著相关。

关键词 模头 压力 密度 α 度

挤压膨化技术正在被广泛地应用在谷物或以谷物为主的松脆食品的生产中^[1]。其工作原理是物料在膨化机中经混和、剪切、熟化、脱水和结构化^[2],从而形成无数细致多孔的海绵体,组织结构和理化性质发生了相应的变化。膨化过程的高温高压和高旋转作用可对物料达到分子水平的剪切,导致诸如:蛋白质变性、淀粉的解体等结果^[3]。

近三十年来,挤压技术在全世界成为研究热点。国内外同行们对其从不同角度为此进行了较深入细致地研究,如:Harper 于 1981 年^[4]、Chinnaswamy 等于 1983 年^[5]及 Gomez 等于 1984 年^[6]分别发现并证实:淀粉产物的膨化率主要取决于其 α 度的大小。然而,模头对挤出产品性状的作用常被人们低估了^[7]。1977 年,Chiana 和 Johnson 认为较小的模头内径可增大淀粉的 α 度和膨胀程度^[8]。1986 年,Judson M. Harper 论述了不同型号的模头对挤出物的性状有着不同的影响^[7]。到 1987 年,Chinna Swang 和 Hanna 在博士后研究中首次将模头的长径比应用于显著影响玉米淀粉的膨化率和该膨化机的滚筒的后压(Back Pressure)。并认为后者可作为对淀粉膨胀率的一个良好指标^[9]。然而此后几乎很少有人再从这方面对物料的膨化进行较深入地研究,尤其是对大米粉膨化中模头的各项尺寸及其压力对膨化物性质的作用的研究,本文的目的地正在于此。

表 1 可控变量与因素与水平

水平	M(%)	S(r/m)	TD(°C)	dT(°C)	D(L/D)(mm/mm)
-2	18	140	140	10	16.6/2
-1	21	165	150	20	17.1/3
0	24	190	160	30	18.0/4
+1	27	215	170	40	18.2/5
+2	30	240	180	50	18.5/6

表 2 试验分组

OBS	M	S	D	TD	dT
1	+1	+1	+1	+1	+1
2	+1	+1	+1	-1	-1
3	+1	+1	-1	+1	-1
4	+1	+1	-1	-1	+1
5	+1	-1	+1	+1	-1
6	+1	-1	+1	-1	+1
7	+1	-1	-1	+1	+1
8	+1	-1	-1	-1	-1
9	-1	+1	+1	+1	-1
10	-1	+1	+1	-1	+1
11	-1	+1	-1	+1	+1
12	-1	+1	-1	-1	-1
13	-1	-1	+1	-1	-1
14	-1	-1	+1	+1	+1
15	-1	-1	-1	-1	+1
16	-1	-1	-1	+1	-1
17	-2	0	0	0	0
18	+2	0	0	0	0
19	0	-2	0	0	0
20	0	+2	0	0	0
21	0	0	-2	0	0
22	0	0	+2	0	0
23	0	0	0	-2	0
24	0	0	0	+2	0
25	0	0	0	0	-2
26	0	0	0	0	+2
27	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0

1 试验设计和试验过程

1.1 试验设计

本试验依据制造商的建议、已发表的文献和本实验室以往的经验选取 4 个挤压机可控变

量:模头型号以其模孔直径(D)和模孔长度(L)来区分、螺杆的转速(S)、模头的温度(TD)以及模头与在进料口处的套筒之间的温差(dT)。一个物料变量:物料的水分含量。

用布拉本德流变仪“E”测量挤出过程中的压力和扭矩的变化。将前5个可控制变量分别均分成5个水平(表1),采用中心旋转设计对各因素各水平进行分组(表2),其中心点重复6次。

1.2 试验原料的制备

将干基淀粉含量为68.3%的市售大米粉碎(主要成分见表3),过20目筛。将一定量的米粉倒入混匀机中,依据其水分含量,按不同的要求,在搅拌的同时加入适量的蒸馏水,混匀成不同水分含量的样品,再过20目筛然后将各样品分别密封在不同的塑料容器中,在室温下存放6~8h后,再存入冰箱的冷藏室内($<4^{\circ}\text{C}$)不少于24h。在试验前将样品重新移入室温环

境下,使之达到室温后再进行试验。

表3 原料的主要成分 (g/100g)

水分	蛋白质	脂肪	碳水化合物	灰分	膳食纤维
10.7	8.2	0.5	80.1	0.5	

1.3 试验过程

本试验所用挤出机为BRABENDER DC2000型试验挤出机,其套筒内径为19mm,长径比为20:1,螺杆压缩比为3:1,螺头分别采用(表1)所示的5种规格。该挤出机的示意图见(图1),其控温段分为3段: T_1 、 T_2 、 T_3 ,设定该3段温度关系为:

$$T_3 = T_2 + 0.5dt = T_1 + dt$$

由于挤出机的许多其它工艺参数对各段温度存在着不同程度的影响,因此在实际操作中,我们将所有温度尽可能地加以控制并严格地进行记录。试验均严格地按照分组设计进行。各试验组的喂料速度均为1/3的螺杆转速。

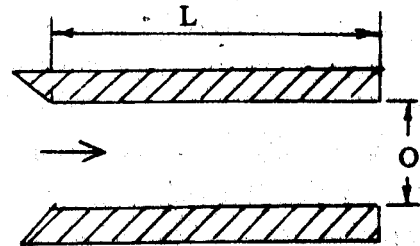
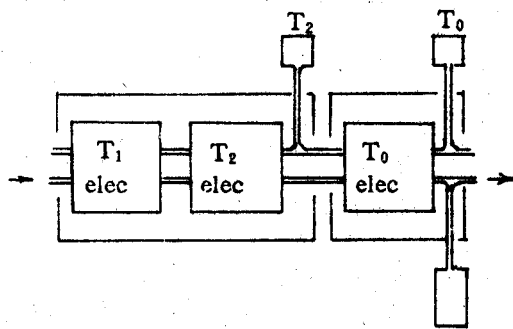


图1 BRABENDER DC2000型试验挤出机及其模头示意图

将BRABENDER DC20型流变仪与本挤出机的相关接口相连接,以便测量每次试验中模头压力,螺杆的扭矩以及模头的实测温度和滚筒后段的实测温度。值得一提的是,这些测量是在压力和扭矩基本稳定后进行的。

1.4 试验样品的制备

将挤出的样品放入烘箱中,在恒温 40°C 下鼓风干燥6h后,移入干燥器中冷却至室温,再将其分装于塑料容器中密封保存备用。

2 样品分析方法和数据处理

2.1 样品分析方法

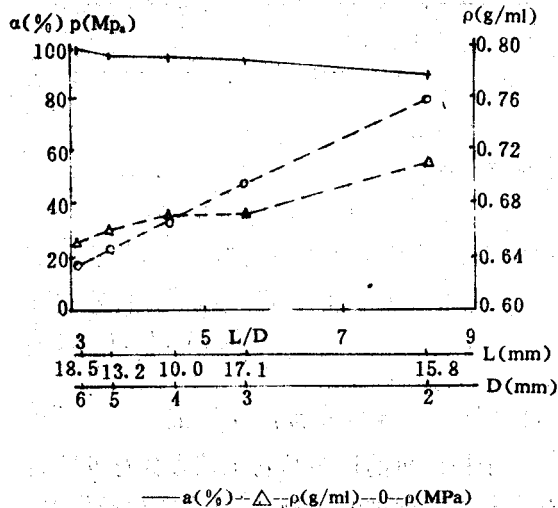


图2 模头各参数间及其与挤出物的密度、 α 度间关系
1、 α 度,采用酶法检验,详见商业部部颁标准 LS 76-82^[10]。

2、密度,用4℃纯水将一表面光滑坚固且完好的容杯的容积进行标定后,在25℃左右的

室温下,用粒度在20~40目之间的样品,按AACC72-10法^[11]测出被测物的重量,然后用所得重量除以容杯的容积即为该物的密度。

2.2 数据处理方法

试验数据采用SAS软件进行统计,各数据均采用实测值,而非设定值,以便真实反映挤出过程的情况。

3 试验结果

模头的长径比(L/D)与在其各自水平上取均值后所得的挤出物的密度(ρ)和 α 度(α)以及模头压力(P)之间的关系见图2,其各因素间的相关程度(见表4)。从(图2)上可以看出L/D从3.1增至8.3时,P也从16.5 MPa增至79.0 MPa,同时 ρ 也随之从0.6500 g/ml增至0.7136 g/ml并与L/D呈显著性相关;而 α 却从98.42%降至88.33%,也与L/D极显著性相关; ρ 与 α 极显著性相关,与P却相关性不显著, α 亦如此。R和L正好与之相对应。

表4 各因素间的相关

ρ	-0.35512 ^a	0.36771	0.36567	1.00000	-0.44885	0.18721
	0.0461 ^b	0.0384	0.0396	0.0000	0.0100	0.3049
α	0.49229	0.47315	-0.53981	-0.44885	1.00000	-0.26486
	0.0042	0.0062	0.0014	0.0100	0.0000	0.1429
P	-0.71726	-0.68277	0.74223	0.18721	-0.26486	1.00000
	0.0001	0.0001	0.0001	0.3049	0.1429	0.0000

注:a——相关系数 b——P值

4 讨论

4.1 从试验结果来看,由于 ρ 与物质的体积成反比, ρ 和 α 关系符合Stanely等人的看法:淀粉类物质的膨化产物的体积主要取决于其 α 度的大小^[4,5,6]。

一般认为本试验中所用螺头的剪切率(γ)可用以下公式表示:

$$\gamma = \frac{4Q_1}{\pi R^3} = \frac{4M_1}{\pi R^3 \rho}$$

其中 Q_1 为物料通过模头时体积流量,它等于物料的质量流量(m_1)与物料密度(ρ)的乘积;

R是模孔的半径。

从上面的公式可以看出:当膨化物密度越大,其在通过模头时受过的剪切力就越大,反之亦然,这是很容易理解的。众所周知具有高剪切率的螺头对挤出产品的质构有着很大的影响,模头的高剪切率导致分子破坏程度严重,成为小分子, α 度增大,从而其机械强度也相应减小,使其在挤出时更易被膨化。膨化物的密度降低,体积变大^[7]。本试验的 γ 与 α 呈正相关并和 ρ 呈负相关的结果恰好与之吻合。

然而,从该公式来看, γ 与 R^3 成反比。若仅从这两个因素来考虑则随着R的增大, γ 将减

小, ρ 增大, α 也相应减小, 这样的说法似乎也可以解释。从图上看, R 越大则 P 越小, 机械内外压差也越小, 因而物料挤出瞬间所受的爆破力也越小; 而爆破力的大小则直接影响膨化物的体积和 α 度。然而从(表 4)上可以看出: R 与 ρ 呈显著负相关, 与 α 呈极显著的正相关, 显然这种解释是不通的。

我们的解释是: 当 R 增大时, 模孔的截面积也随之增加。在其它因素恒定时, 挤出物的量也相应增多, 即 M_t 增大, 从上面的公式上看: γ 将变大, α 增高; 挤出物的体积也会增大, 但从结果来看 M_t 比 ρ 的影响程度更大些。

由于任何物质相接触并相互运动, 就会产生摩擦力, 进行摩擦做功并产热。当物料通过模头时, 在其它条件不变的情况下, 模孔腔越长则摩擦做功越多, 产热就越多, 同时物料在模孔腔内停留的时间也越长, 则物料分子被破坏的程度也越大。从表 4 看: L 与 ρ 呈显著性负相关, 同时与 α 呈极显著性正相关, 这就在很大程度上对此加以了说明。然而, Harper 在提到一种柱型腔接短圆柱型模孔的模头(图 3)时认为, 其短螺孔腔是对物料造成严重的机械损伤的重要因素之一^[7]。对于这其中的缘故, 恐怕还需进行深入探讨。

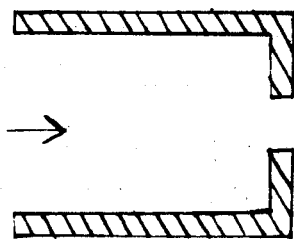


图 3 模头示意图

至于说螺头的 R 、 L 、 L/D 对挤出物性质的影响哪个更为全面来说, L/D 似乎好些, 但从表 4 及以上的讨论和公式来看, 单用它作为螺头的指标似乎又失之偏颇。

4.2 从压力值上来看, 由于本试验中的压力值均大于等于 10 MPa, 属于高压范畴, 依据 Chinnaswamy 和 Hanna 的解释: 在如此之高的挤出

压下, 其在挤出机内滞留时间和剪切力足以切断淀粉分子并使膨胀率降低。从而 ρ 增大, α 值减小^[9]。但是从表 4 来看, P 与 ρ 和 α 均无显著性关系。因此, 能否将膨化机模头压力作为对淀粉挤出物性质的预测指标尚待进一步研究(一般认为: 模头压力与套筒的后压相差不大且相关性很好)。

总之, 螺头对淀粉内挤出物性质作用是一个复杂的过程, 能否用模头的长径比或其压力来作为挤出物的密度(或体积)及其 α 度的预测指标尚需认真地加以探讨, 要精确地加以说明还须在基理完全认识后才行。但有一点是再此得以证明的——挤出物的体积随其 α 度的变化而同变化。

参考文献

1. Chinnaswamy R. and Hanna M. A. Macromolecular and Functional Properties of Native and Extrusion - Cooked Corn Starch. Cereal Chem. 1990, 67(5): 490.
2. Stanley D. W. Chemical and Structural Determinants of Texture of Fabricated Foods. Food Technol. 1986, 40(5): 65.
3. 何晓红. 挤压膨化工艺在婴儿食品中的应用. 北京食品学会青年科技论文集(91~92).
4. Harper, J. M. Extrusion of Foods. Vol. II. CRC Press, Inc. Boca Raton, FL. 1981.
5. Chinnaswamy, R. and Bhattacharya, K. R. Studies on Expanded Rice. Optimum Processing Conditions. J. Food Sci. 1983, 48: 1604.
6. Gomez, M. H. and Aguilera, J. M. Changes in the Starch Fraction during Extrusion Cooking of Corn. J. Food Sci. 1983, 48: 378.
7. Harper J. M. Extrusion Texturation of Foods. Food Technol. 1986, 40(5): 70.
8. Chaing B. Y. and Johnson J. A. Gelatinization of Starch in Extruded Products. Cereal Chem. 1977, 54: 436.
9. Chinnaswamy R. and Hanna M. A. Nozzle Dimension Effects on the Expansion of Extrusion Cooked Corn Starch. J. Food Sci. 1987, 52(6): 1746.
10. 中华人民共和国商业部部颁标准.
11. American Association of Cereal Chemists Approved Methods. 8th ed. 1983.