

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2019.01.008

复合乳化剂对糙米工程米食用品质的影响

高扬, 管立军, 李家磊, 张志宏, 王崑仑, 严松, 卢淑雯

(黑龙江省农业科学院 食品加工研究所, 黑龙江 哈尔滨 150086)

摘要: 通过测定糙米工程米熟化后米饭的分散率及其质构综合评分, 研究大豆磷脂、单硬脂酸甘油酯(GMS)和蔗糖脂肪酸酯(SE)单体及其复配添加对糙米工程米食用品质的影响。结果表明: 单一乳化剂对糙米工程米的食用品质有改善作用, 三种乳化剂复合使用改善效果更为明显。最佳复配比例为大豆磷脂0.6%、GMS 0.2%、SE 0.5%, 添加复合乳化剂糙米工程米熟化后, 米饭分散率和质构特性明显改善。

关键词: 复合乳化剂; 糙米工程米; 米饭分散率; 质构特性

中图分类号: TS213.3 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2019)01-0041-05

Effect of compound emulsifier on the edible quality of reformed brown rice

GAO Yang, GUAN Li-jun, LI Jia-lei, ZHANG Zhi-hong, WANG Kun-lun, YAN Song, LU Shu-wen

(Food Processing Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin Heilongjiang 150086)

Abstract: The effect of soybean lecithin, glyceryl monostearate (GMS), sucrose fatty acid ester (SE), both monomer and compound, on the edible quality of reformed brown rice was studied by detecting cooked rice dispersion rate and texture. The results showed that emulsifier monomer had positive effect on the edible quality, and their compound even better than them. The optimal ratio was soybean lecithin 0.6%, GMS 0.2% and SE 0.5%. The cooked rice dispersion rate and texture characteristics of reformed brown rice was improved obviously after adding compound emulsifier.

Key words: compound emulsifier; reformed brown rice; cooked rice dispersion rate; texture characteristic

糙米工程米是以糙米为原料, 将其粉碎后, 通过挤压加工手段, 重新造粒, 生产出纯天然、高营养糙米系列产品^[1]。但在糙米工程米的生产过程中, 原料在挤压机内通过混合、剪切、加热等作用下, 淀粉完全糊化, 其大分子结构被破坏, 组分内及组分间的化学键被打断, 从而造成内部结构不可逆的破坏^[2-3]。在目前生产工艺条件下,

糙米工程米的品质与天然大米仍有差距。最主要的差别就是糙米工程米熟化后, 米粒之间常常相互粘结甚至结块, 极大影响了糙米工程米饭的食用品质^[4-5]。糙米工程米熟化后分散性好坏是制约其食用品质的关键性问题, 有效的解决办法是在糙米工程米的配方中添加食用乳化剂, 使糙米工程米分散润湿良好^[6-7]。

从食用安全角度考虑, 对常用乳化剂的用途、亲水亲油平衡(HLB)值、分子结构、离子类型等进行对比和筛选, 选取大豆磷脂、单硬脂酸甘油酯(GMS)、蔗糖脂肪酸酯(SE)为添加剂,

收稿日期: 2018-08-10

基金项目: 农业部公益性行业(农业)专项(201403063); 黑龙江省农业科学院2017年度院级科研项目(2017BZ10)

作者简介: 高扬, 1984年出生, 男, 助理研究员。

通讯作者: 卢淑雯, 1968年出生, 女, 博士, 研究员。

探讨添加单一和复配乳化剂对糙米工程米熟化后米饭的分散率及质构特性的影响。

1 材料与amp;方法

1.1 实验材料

糙米：采用东农 428 号稻谷制得，粗蛋白含量 7.98%，粗脂肪含量 1.95%，水分含量 15.81%；大豆磷脂：哈尔滨高科技股份有限公司；单硬脂酸甘油酯（GMS）、蔗糖脂肪酸酯（SE）：郑州裕和食品添加剂有限公司。

1.2 仪器设备

双螺杆挤压机：采用自行研制的、用于生产挤压工程米的双螺杆挤压机，如图 1 所示，该挤压机对传统的双螺杆挤压机进行了改进，采用同向全啮合型双螺杆挤压机，螺杆外径为 50 mm，螺杆长径比提高到 32 : 1，采用积木组合式螺杆，改变螺杆结构，用双螺旋线螺杆块组合螺杆，增加剪切块数量，增加套筒的温度分区，将整个挤压机套筒变成 7 节温度分区，在第 6 节温度分区安装排气装置。

挤压机螺杆构型：从喂料端到出口端的螺杆构型（见图 2）依次为 1.25D/6.25D 双线螺杆，1D/2D

双线螺杆，0.75D/1.5D 双线螺杆，1D/1D（90°）搅拌元件，1D/2D 双线螺杆，0.75D/1.5D 双线螺杆，1D/1D（90°）搅拌元件，1D/2D 双线螺杆，0.75D/1.5D 双线螺杆，1D/1D（90°）搅拌元件，1D/1D 双线螺杆，0.75D/6.75D 双线螺杆。

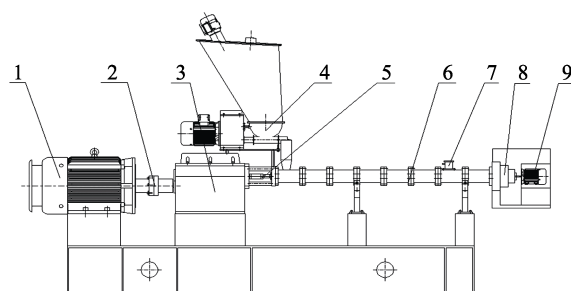


图 1 挤压机结构示意图

注：1，电机；2，联轴器；3，变速箱；4，喂料器；5，螺杆；6，套筒；7，排气装置；8，模头；9，切割装置。

卧式搅拌器：常州中实三水机械科技有限公司；齿盘式万能粉碎机：广州市旭朗机械设备有限公司；HB43-S 型快速水分测定仪：梅特勒托利多仪器（上海）有限公司；电磁式标准筛：新乡市福泽机械设备有限公司。



图 2 螺杆构型图

1.3 实验方法

1.3.1 原料处理

用快速水分测定仪测定糙米水分，将糙米粉碎至 80 目，倒入卧式搅拌器内，加水搅拌均匀，使原料总水分达到 31%，然后分别将三种粉末乳化剂（大豆磷脂、单硬脂酸甘油酯、蔗糖脂肪酸酯）按不同比例、不同配方，放入搅拌器内，混匀，取出置于自封袋中备用。

1.3.2 糙米工程米加工工艺

采用自制、挤压工程米生产专用的双螺杆挤压机，挤压模头如图 3 所示。将挤压工艺参数设定为：螺杆转速 350 r/min、物料总水分含量 31%、模头温度 75℃、干燥温度 65℃，进行糙米工程

米加工^[8]，得到工程米产品的水分含量为 12%，粒型长度为 8 mm，宽度为 1 mm。



图 3 工程米挤压模头

1.3.3 质构特性测定

样品制备：将 10 g 糙米工程米样品放入小玻

璃碗中,加入10 mL蒸馏水,迅速搅拌,放入蒸锅蒸煮10 min,每个样品选取3粒米于质构仪载物台上成等边三角形放置,每个样品平行测定5次,去掉其中的最大值和最小值,取其余3个数值的平均值作为测定结果^[9]。

质构仪参数设定:糙米工程米的硬度、粘着性、咀嚼度用物性测试仪测定。采用TPA模式,P/36探头,测前速度2.0 mm/s,测试速度1.0 mm/s,测后速度2.0 mm/s,下压程度50%^[10]。

1.3.4 质构综合评分计算

参照孟庆虹的粳稻食味品质评价方法,粳稻米饭硬度、粘着性、咀嚼度与感官评分的相关性较显著^[11],相关系数分别为-0.394 9、-0.265 2、-0.249,即质构指标中硬度、粘着性、咀嚼度与感官评分的相关性程度分别占到43.4%、29.2%和27.4%,依此估算出在质构综合评分中,硬度、粘着性和咀嚼度三者权重分别是45%、30%和25%^[12]。为了消除不同量纲和数量级对品质评价的影响,对所测的硬度、粘着性和咀嚼度三个指标进行标准化,得到三个指标的标准化后结果,再根据各指标的权重计算质构综合评分^[13]。

1.3.5 米饭分散率测定

从蒸锅中取出刚熟化的糙米工程米样品,质量为A,采用电磁式标准筛,用4目筛网筛理2 min,取筛上物称质量为B^[14],用公式(1)计算米饭分散率。

$$\text{米饭分散率} = \left(1 - \frac{B}{A}\right) \times 100\% \quad (1)$$

1.3.6 数据标准化法

采用公式(2)对数据进行标准化处理^[14]。

$$Y = \frac{y - y_{\min}}{y_{\max} - y_{\min}} \quad (2)$$

式中:Y,标准化值;y,指标值;y_{min},指标最小值;y_{max},指标最大值。

1.3.7 综合评分法

将各指标进行权重分析,给出各指标的权重系数,并将各指标的标准化值与对应的权重系数相乘后,进行相加,作为综合分数^[15],计算公式为:

$$Y_i = \sum_{j=1}^k B_j Y_{ij} \quad (3)$$

式中:Y_i,综合分数;B_j,权重系数;Y_{ij},指标标准化值;i,第i号实验;j,第j个指标。

2 结果与分析

在挤压机腔体内,螺杆之间、物料之间以及物料与螺杆之间的相互挤压和摩擦使原料淀粉颗粒被破坏、糊化,产品米粒蒸煮后发生粘连和结块,品质差。添加乳化剂可以改善其品质,乳化剂在挤压过程中起到润滑作用,可显著降低挤压和摩擦作用,有助于降低米粒粘度和最终产品形状^[16]。

2.1 单一乳化剂对米饭分散率和质构综合评分的影响

2.1.1 大豆磷脂对米饭分散率和质构综合评分的影响

大豆磷脂对糙米工程米米饭分散率和质构综合评分影响的实验结果如表1所示,由表1可得出,随着大豆磷脂添加比例的增加,米饭分散率总体呈现上升趋势;质构综合评分随着大豆磷脂添加比例的增加,呈现出先升高后下降的趋势。大豆磷脂是一种两性离子型乳化剂,兼具亲水基和亲油基^[17]。大豆磷脂在挤压膨化过程中充当润滑剂,适量加入,可以使物料受到的机械力减少,改变了水、淀粉、油脂、蛋白质间的界面效应,降低了产品的表面粘度,因而米粒容易离散;大豆磷脂加入过量时,会影响米粒的质构特性,降低其食用品质^[18]。

表1 大豆磷脂对米饭分散率和质构综合评分的影响

大豆磷脂添加比例/%	米饭分散率/%	质构综合评分
0	41.8±0.4 ^f	75.6±0.6 ^b
0.2	46.3±3.2 ^e	75.3±0.5 ^b
0.4	51.7±1.9 ^d	78.6±2.3 ^a
0.6	67.5±1.8 ^c	74.1±0.5 ^c
0.8	71.9±1.7 ^{ab}	65.7±2.4 ^d
1.0	76.1±2.8 ^a	63.8±0.8 ^{dc}

注:同列数据不含相同字母表示差异显著(P<0.05)下同。

2.1.2 GMS对米饭分散率和质构综合评分的影响

GMS对米饭分散率和质构综合评分的影响

实验结果见表 2。由表 2 可得出,随 GMS 添加比例的增加,米饭分散率总体呈现上升趋势,质构综合评分总体呈现下降趋势。GMS 是一种非离子型乳化剂,属于油包水型,其亲油性大于亲水性^[17]。GMS 在挤压膨化过程中虽然也可以充当润滑剂,可使物料受到的机械力减少,进而降低产品表面粘度,但效果一般,不能很好地改变水、淀粉、油脂、蛋白质间的界面效应,而且加入过量时,会影响米粒质构特性,降低其食用品质^[6]。

表 2 GMS 对米饭分散率和质构综合评分的影响

GMS 添加比例/%	米饭分散率/%	质构综合评分
0	41.8±0.4 ^d	75.6±0.6 ^a
0.2	43.3±2.6 ^d	75.8±1.3 ^a
0.4	49.9±2.3 ^c	72.4±1.4 ^b
0.6	54.5±1.7 ^{ab}	66.8±1.8 ^c
0.8	56.7±1.1 ^a	60.3±0.7 ^d
1.0	57.1±1.9 ^a	55.6±1.5 ^e

2.1.3 SE 对米饭分散率和质构综合评分的影响

SE 对米饭分散率和质构综合评分的影响实验结果见表 3。由表 3 可得出,随 SE 添加比例的增加,米饭的分散率总体呈现上升的趋势,质构综合评分呈现出先升高后下降的趋势。SE 是一种非离子型乳化剂,在食品乳化剂中它的亲水性最大^[17]。适量加入 SE,可有效降低产品的表面粘度,米粒容易离散;但 SE 过量加入,会影响米粒的质构特性,降低其食用品质^[4]。

表 3 SE 对米饭分散率和质构综合评分的影响

SE 添加比例/%	米饭分散率/%	质构综合评分
0	41.8±0.4 ^e	75.6±0.6 ^b
0.2	57.3±2.6 ^d	76.4±1.8 ^b
0.4	61.5±1.3 ^c	79.2±0.5 ^a
0.6	74.9±3.2 ^b	75.5±0.8 ^b
0.8	80.2±0.8 ^a	74.7±1.5 ^{bc}
1.0	81.8±2.7 ^a	70.3±2.3 ^d

2.2 三种乳化剂复配对米饭分散率和质构综合评分的影响

根据单一添加剂实验结果,综合各方面因素,选择正交实验因素水平见表 4。

表 4 正交实验因素水平

水平	A 大豆磷脂添加比例	B GMS 添加比例	C SE 添加比例
1	0.4	0.2	0.3
2	0.5	0.3	0.4
3	0.6	0.4	0.5

对米饭分散率和质构综合评分数据进行标准化处理,再给出各指标的权重系数。由于糙米工程米米饭的质构综合评分要比其蒸煮后分散率更为重要,因此在权重系数的分配上,米饭分散率的权重系数为 0.4,质构综合评分的权重系数为 0.6。由公式(3)得出相应的综合分数,并作为总指标进行实验结果分析。正交实验结果见表 5。

表 5 正交实验结果

实验号	A	B	C	米饭分散率 (y_1)/%	质构综合评分 (y_2)	综合分 (Y_i)
1	1	1	1	82.9	73.9	0.32
2	1	2	2	83.3	75.4	0.42
3	1	3	3	87.7	70.7	0.42
4	2	1	2	86.2	74.3	0.52
5	2	2	3	87.8	75.5	0.67
6	2	3	1	84.1	76.8	0.54
7	3	1	3	90.4	79.4	1
8	3	2	1	85.6	75.1	0.53
9	3	3	2	87.9	67.3	0.27
K_1	1.16	1.84	1.39			
K_2	1.73	1.62	1.21			
K_3	1.80	1.23	2.09			
R	0.64	0.61	0.88			

$K_1+K_2+K_3=4.69$

极差反映了各因素对指标的影响大小,由表 5 中各因素的极差值 R 可得出乳化剂对综合分数影响的主次排序为 $C>A>B$ 。K 值反映了该因素水平对综合分数的影响,综合分数越高越好,由表 5 可知最佳的工艺条件为 $A_3B_1C_3$,即大豆磷脂 0.6%、GMS 0.2%、SE 0.5%,所制得的糙米工程米有淡淡的坚果清香味。

从表 5 可以得出,三种乳化剂复合使用,对糙米工程米的改良效果优于单一乳化剂。这是由于每种乳化剂亲水基团构象不同,可以优势互补,

GMS的亲水基团是线性的,SE的亲水基团是环状的,将两种乳化剂混合使用,可取得较好效果;大豆磷脂是两性离子型乳化剂,GMS和SE都属于非离子型乳化剂,将两种类型乳化剂混合使用,效果更好,乳化活性和表面活性会得到长时间的稳定^[17]。乳化剂在使用时,要考虑其对产品风味的影响,乳化剂的添加量主要根据乳化剂的品种来确定,使用SE作为乳化剂时,要控制其添加量,一般范围在0.003%~0.5%之间,高于高限时会产生特有异味,影响糙米工程米风味^[17];大豆磷脂本身有一种淡淡的坚果清香气味,可提升糙米工程米风味特性;GMS气味与相应的脂肪酸基团及原料来源有关,一般有轻微的油脂气味。

3 结论

大豆磷脂、GMS、SE对糙米工程米的品质改良均有一定的作用,单独使用时,对糙米工程米米饭的分散率有所改善,随乳化剂添加量增加,质构综合评分出现先增加后下降的趋势。将分散率和质构综合评分进行权重分析,得出综合分数,可得出乳化剂对综合分数的影响主次顺序为SE>大豆磷脂>GMS。将大豆磷脂、GMS、SE复合使用,米饭分散率有较大改善,对质构的影响不大,总体评价明显比使用单一乳化剂好。本研究得出,以大豆磷脂0.6%、GMS0.2%、SE0.5%复配时效果最佳。

参考文献:

- [1] 王琦,李庆龙,王海滨.糙米挤压预糊化加工制米技术[J].农业机械,2011(32):21-24.
- [2] 晏梦婷.糙米重组米的糊化回生特性研究[D].武汉:武汉轻工大学,2015.
- [3] OHTSUBO K, SUZUKI K, YASUI Y, et al. Bio-functional components in the processed pre-germinated brown rice by a twin-screw extruder[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2005, 18(4): 303-316.
- [4] 邓丹雯.改善方便米饭品质的研究[J].四川食品与发酵,2005(1):54-57.
- [5] 林家莲,杨荣华,张卫斌.添加剂对大米吸水性及米饭品质影响的研究[J].中国粮油学报,2000(2):16-20.
- [6] 邹建,孙耀军,刘红梅,等.不同添加剂对方便米饭最高黏度和室温黏度的影响[J].粮油加工,2007(4):81-83.
- [7] 王显伦,陈明,许红.不同添加剂对 α -方便米饭粘度的影响[J].郑州工程学院学报,2001(3):14-19.
- [8] 高扬,卢淑雯,任传英,等.糙米挤压工程米生产工艺优化[J].粮油食品科技,2016,24(6):1-7.
- [9] 张欣,施利利,丁得亮,等.米饭理化指标与食味品质的相关性研究[J].中国农学通报,2010,26(12):45-47.
- [10] 孙彩玲,田纪春,张永祥.TPA质构分析模式在食品研究中的应用[J].实验科学与技术,2007(2):1-4.
- [11] 孟庆虹,程爱华,姚鑫淼,等.粳稻食味品质评价方法的研究[J].北方水稻,2008,38(6):24-28.
- [12] 李霞辉,张瑞英,孟庆虹,等.粳稻品种食味品质评价方法的研究进展[J].北方水稻,2007(5):5-9.
- [13] 孟庆虹,李霞辉,卢淑雯,等.黑龙江省粳稻品种的品质现状与评价[J].黑龙江农业科学,2010(6):108-113.
- [14] 张甫生.杂粮营养工程米的生产技术研究[D].重庆:西南大学,2008.
- [15] 潘丽军,陈锦权.实验设计与数理分析[M].南京:东南大学出版社,2008.
- [16] 付立军.米制食品防粘添加剂的开发与应用[J].适用技术市场,1997(1):23.
- [17] 胡国华,沈光华,李国文.复合食品添加剂[M].北京:化工工业出版社,2006.
- [18] 迟明梅,方伟森.浅谈营养米[J].粮油加工与食品机械,2005(9):62-64,70.