

酶解程度对喷雾干燥速溶燕麦粉特性的影响^{*}

师俊玲¹ 李居南¹ 陈秋桂² 李璐² 胡新中¹

(1. 西北农林科技大学食品科学与工程学院, 陕西杨凌 712100; 2. 西麦生物技术开发有限公司, 桂林 541004)

【摘要】 将燕麦糊用 α -淀粉酶酶解至不同还原值(DE值),经喷雾干燥得到干粉,对干粉的堆积密度、休止角、冲调后结块率和感官评价等指标进行测定,评价其品质优劣。DE值大于36.2的燕麦溶解性状和感官评价得分较高,但浓稠感不够;DE值为35~38时,所得燕麦干粉的综合品质最佳。

关键词: 燕麦 喷雾干燥 淀粉酶 DE值 干粉

中图分类号: TS217 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2012)08-0155-05

Effect of Amyolytic Degree on Characteristics of Spray Dried Oat Powder

Shi Junling¹ Li Ju'nan¹ Chen Qiugui² Li Lu² Hu Xinzhong¹

(1. College of Food Science and Engineering, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China

2. Seamild Enterprise Group, Guilin 541004, China)

Abstract

Oat was digested into different DE values by using amylase and spray-dried to powder. The powder was evaluated in properties of packing density, repose angle, caking rate and sensory evaluation. The results showed that the powder with DE values rates above 36.2 had good dissolubility and taste, but less viscosity. At last, DE values of 35~38 was supposed as the suitable amyolytic degree for obtaining the best overall quality of spray-dried oat powder.

Key words Oat, Spray drying, Amylase, DE value, Powder

引言

喷雾干燥因其干燥速度快、加热时间短、对热敏性成分损失少等特点而成为速溶粉制备中常用的一种技术^[1]。目前,人们已对蛋白粉、绿豆粉、血浆蛋白粉、苦瓜粉、红枣粉、南瓜粉等产品的喷雾干燥工艺进行了大量研究^[2-7]。但有关燕麦粉喷雾干燥方面的研究尚未见报道。

燕麦粉喷雾干燥时,糊化后的燕麦粉粘度大、流动性差,当燕麦粉质量分数达到10%时就已经不能进行正常的喷雾干燥,而利用高温淀粉酶可以显著降低物料粘度、提高物料浓度,有利于喷雾干燥的进行和降低干燥能耗。因此,本文研究不同酶解程度

对干燥过程中物料得率和干燥后粉末的溶解性、分散性、冲调时结块性等特性的影响,以期能为喷雾干燥法生产速溶燕麦粉的生产提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

燕麦:澳洲燕麦,广西桂林西麦生物技术有限公司提供;中温 α -淀粉酶,活力480 U/g,诺维信公司;耐高温 α -淀粉酶,活力20 000 U/g,杰诺公司;0.005 mol/L碘液,按GB/T 7489—1987配置。

1.2 主要仪器与设备

水浴锅(上海森信实验仪器有限公司);D型电动搅拌机(杭州仪表电机厂);高压均质机(上海申

鹿均质机有限公司);SP-1500 实验型压力式喷雾干燥机(上海顺仪仪器设备有限公司)。

1.3 试验方法

1.3.1 工艺流程

工艺流程:燕麦→粉碎后过 80 目筛网→酶解→30 MPa 压力下均质 10 min→喷雾干燥→收料→分析。

1.3.2 酶解方法

模拟生产厂家的加热效能,将 800 mL 水预热至 50℃,随后加入 200 g 粉碎后的燕麦粉及两种 α-淀粉酶,使浆料中粉质量分数达到 20%。然后通过加热使料液温度按照每 10 min 升高 10℃ 的升温速度从 50℃ 升到 100℃,升至 100℃ 后持温 10 min,酶解总共耗时 1 h。通过改变加酶量,使燕麦粉酶解至 5 种不同程度,所加酶类及其用量如表 1 所示,表中 A 为中温淀粉酶,B 为耐高温淀粉酶。酶解后用胶头滴管取一滴料液与一点碘液混合,观察颜色,酶解程度从低到高分别为紫黑色、黑色、棕黑色、红棕色、碘液不变色,不同颜色代表不同的酶解程度,酶解程度越高,颜色越接近碘液的颜色。检测不同酶解程度所得燕麦粉所对应的还原值(DE)(表 1),即还原糖占糖干物质的百分比。酶解结束后,将料液冷却至 70℃ 后均质。

表 1 酶解条件与 DE 值

Tab. 1 Amylolytic condition and DE value

加酶量/g·kg ⁻¹	酶解时间/h	燕麦粉质量分数/%	DE 值	遇碘液颜色
0	1	8	1.6	蓝色
0.9(A)	1	20	30.1	紫黑色
0.3(A)+0.4(B)	1	20	33.5	黑色
0.3(A)+0.6(B)	1	20	36.2	棕黑色
0.3(A)+0.8(B)	1	20	41.1	红棕色
0.3(A)+1.2(B)	1	20	51.7	碘液不变色

1.3.3 DE 值的测定

按照 BG/T 20882—2007 节费林氏直接滴定法^[8]。

1.3.4 喷雾干燥条件

实际生产中,为了提高生产效率,喷雾干燥的进风温度和进样速度通常设在较高值并固定不变。为此,本文根据西麦公司喷雾干燥机的条件,设定喷雾干燥条件为:进风温度 175℃、出风温度 80~85℃ 和进料温度 70℃。

1.3.5 干粉品质特性的检测

(1) 休止角

参照文献[7]进行。检测时,将漏斗固定于水

平放置的绘图纸上方,分别取粉适量倒入漏斗,直到漏斗的出口与粉末圆锥体的尖端接触,量取底部直径,休止角为

$$A = \arctan(H/R) \quad (1)$$

式中 H ——漏斗下口距纸的距离,cm

R ——干粉散落后底部半径,cm

休止角越小,干粉的流动性越好。

(2) 堆积密度

参照文献[9]进行。将燕麦粉从漏斗中散落至 10 mL 量筒中,测定 10 mL 粉末的质量,堆积密度为

$$\rho = 10M \quad (2)$$

式中 M ——粉末质量,g

(3) 结块率

在 250 mL 烧杯中加入 100 mL 沸水,再加入 10 g 酶解干燥后的燕麦粉,用转速 120 r/min 的自动搅拌器搅拌 20 s 后,将料液过 80 目筛网,取未通过筛网的结块干燥至恒质量后称量,结块率为

$$X = \frac{M_1}{10(100 - W)} \times 100\% \quad (3)$$

式中 W ——燕麦粉含水率,%

M_1 ——未通过筛网的结块干质量,g

结块率越小,干粉的分散性越好。

(4) 粘度

使用奥氏粘度仪测量燕麦粉溶解后的粘度^[10]。将奥氏粘度仪放入 25℃ 恒温水浴锅中,保持竖直状态,加入 5 mL 质量分数为 20% 的料液(检测前事先预热至 25℃),将液面吸附至上端刻痕以上,当液面从上端刻痕降至下端刻痕时记录所需时间 t 。粘度为

$$\eta_1 = \frac{\rho_1 t_1 \eta_0}{\rho_0 t_0} \quad (4)$$

式中 ρ_1 ——待测料液密度,g/cm³

t_1 ——待测料液在粘度计中的流出时间,s

ρ_0 ——纯净水密度,取 1 g/cm³

t_0 ——纯净水在粘度计中的流出时间,s

η_0 ——在 25℃ 下水粘度,取 0.8937×10^{-3} Pa·s

(5) 水分含量

参照 GB/T 5497—1985 进行。

(6) 产品得率

将干燥后收集到的燕麦粉除以原料燕麦质量,即为产品得率。

(7) 感官品质评价

选择 10 名经过专业培训的人员组成感官评价小组,对产品的色泽、形态、风味、口感和香气全面评价,每项满分 7 分,总分为 35 分。具体打分项目及其标准如表 2 所示。

表 2 感官评分标准
Tab. 2 Scoring standard of sensory

分值	色泽	状态	香气	风味	口感
1	灰暗,令人厌恶	浑浊,大量结块	刺鼻	令人厌恶	难以下咽
2	暗淡,令人无食欲	结块、沉淀明显	异常	异味	粗糙
3	暗淡,影响食欲	有结块和分层现象	太淡	味道单一	略显粗糙,较为稀薄
4	一般,无明显感受	一般,无明显感受	一般	一般,无明显感受	一般,无明显感受
5	良好,较为自然	整体较均匀,结块较少	良好,不够饱满	有较淡的良好风味	爽滑,较稀薄
6	良好,有特点	均匀、稳定、少量沉淀	香气良好、自然	有独特风味	较浓厚
7	亮丽,富有吸引力	均匀、稳定、无沉淀	浓郁的谷物香气	风味浓郁、独特	浑厚,符合谷物饮料感受

2 结果与分析

2.1 酶解程度对干粉特性的影响

冲调性是决定固体饮料质量的重要指标,良好的冲调性是优质固体饮料的基础。冲调性好的固体饮料,需要具有较高的堆积密度、较小的结块率及较小的休止角,这样的干粉具备较好的分散性和流动性。

从表 3 可以看出,干粉的堆积密度、结块率、休止角等特性与 DE 值之间未呈现出规律性相关关系。堆积密度较大的干粉对应的 DE 值为 30.1、36.2、51.7,其中 DE 值为 30.1 的干粉的堆积密度最大,达到了 40.3 g/dL。

表 3 酶解程度对干粉特性的影响

Tab. 3 Effect of amylolytic degree on properties of dried oat powder

DE 值	堆积密度/g·dL ⁻¹	结块率/%	休止角/(°)	含水率/%
1.6	31.2	20.6	33.4	5.9
30.1	40.3	8.5	32.5	3.8
33.5	31.7	13.1	38.4	4.4
36.2	37.3	7.8	35.8	4.5
41.1	34.0	11.4	36.4	3.5
51.7	36.2	2.5	33.9	4.9

未酶解的燕麦粉(DE 值为 1.6)即使在喷雾干燥后也会产生较多的结块,其结块率明显高于其他处理。经过 20 s 的搅拌后还有 20.6% 的干粉发生了结块。而且,未酶解的燕麦粉冲调时其溶液粘度迅速增高,很难溶解均匀。酶解处理后,燕麦粉的结块率明显降低,其中酶解度最高的一组远低于其他各组,其结块率只有 2.5%。淀粉酶解产生的糊精和糖都有良好的水溶性,还原糖在固体饮料中往往充当分散剂,对于改善产品的冲调性有明显作用。从研究结果来看,酶解至 DE 值 51.7 的燕麦粉分散性最好。

休止角主要用于评价干粉分散性的优劣。在各个处理中,休止角较小的 3 组 DE 值分别为 1.6、30.1 和 51.7 的燕麦粉。酶解的燕麦粉由于含有葡萄糖、麦芽二糖、麦芽三糖、麦芽四糖等具有较强吸湿性的物料,而表现出较强的吸湿性。DE 值越高,样品中低分子糖含量越高,吸湿性越强,从而会造成干粉出现结团现象,表现为休止角偏大^[1]。

综合分析,酶解至 DE 值为 30.1、36.2 和 51.7 这 3 组燕麦粉的冲调性较好。

2.2 酶解程度对喷雾干燥燕麦粉溶解状态的影响

溶解状态是饮料产品的重要性状,主要反映在分层状况、沉淀量、饮料颜色和粘度等指标。将样品用沸水按水与物料质量比为 1:4 冲调,静置一段时间后观察其溶解后的状态。由表 4 可以看出,大多数产品在冲调后具有良好的稳定性,冲调后 1 h 内基本都不出现分层现象。只有酶解程度最高的粉在 60 min 后出现分层情况,这是因为其粘度最低。

部分样品在冲调后底部有明显的麸皮沉淀,其中酶解至 DE 值为 41.1 的样品沉淀最明显。而酶解至 DE 值为 33.5 的样品沉淀最少,在静置 1 h 后也几乎看不见底部沉淀。

燕麦经酶解后的产品颜色比未酶解产品更白,在色泽上更具吸引力。而产品复原后的粘度随着酶解程度的加深而出现下降,太低的粘度将影响口感。酶解 DE 值为 30.1~36.2 的产品粘度较大,更加符合粗粮饮料的浓稠感受。

2.3 酶解程度对干燥工艺的影响

本试验使用小试压力式喷雾干燥设备,喷头直径较小,料液粘度较大、不溶物较多时易发生堵塞,使干燥无法进行。为了最大程度地利用燕麦,在加工过程中保留了燕麦麸皮,易使设备在干燥过程中发生堵塞,浆料的粘度直接决定干燥过程是否顺利。从表 5 可以看出,DE 值为 1.6 的燕麦浆料在喷雾干燥时容易发生堵塞现象,在燕麦粉质量分数为 10% 时几乎无法实现喷雾干燥,必须将物料稀释至 10%

表4 酶解程度对喷雾干燥燕麦粉溶解状态的影响

Tab.4 Effect of amylolytic degree on quality of dried oat powder after dissolve

DE 值	放置不同时间后的分层情况			放置不同时间后的沉淀情况			色泽	粘度/mPa·s
	10 min	30 min	60 min	10 min	30 min	60 min		
1.6	不明显	不明显	不明显	不明显	不明显	不明显	黄褐	
30.1	不明显	不明显	不明显	明显	明显	明显	乳白	8.44
33.5	不明显	不明显	不明显	不明显	不明显	不明显	乳白	15.10
36.2	不明显	不明显	不明显	明显	明显	明显	乳白	8.60
41.1	不明显	不明显	不明显	明显	明显	明显	乳白	7.45
51.7	不明显	不明显	明显	不明显	不明显	明显	乳白	3.59

以下才能进行干燥,其他酶解程度的各组燕麦粉质量分数均为20%,当DE值大于33.5以后,料液粘度较低,喷雾干燥过程较为顺利。

燕麦经酶解处理后,产品得率有显著提高。在工业生产时喷雾干燥耗能较大,高的燕麦占比和得率可以为企业节约大量成本。综合考虑DE值为33.5以上的酶解程度更有工业应用前景。

2.4 各品质指标间的相关性分析

对各品质指标间进行相关性分析(表6)可以看出,粘度与大多数指标间呈显著相关。其中,粘度与DE值呈显著负相关即DE值越大,粘度越小,这与理论相符,DE值越大,淀粉分子越小,从而在搅拌时的阻力越小,表现为粘度越小。粘度与结块率呈显著正相关,粘度越大,物料的结块现象越严重。粘度与休止角呈显著正相关,这是因为粘度越大,物料内部颗粒间的聚合力越强,不容易散开,从而表现为休止角越大。产品中水分含量与产品得率呈显著负相关。这是因为含水量较高的物料容易在分离器中

发生粘结,从而导致成品收集器中的粉量较小,表现为产品得率较低。此外,得率与结块率也呈显著负相关。这是因为得率高时形成的颗粒比较大,冲调时容易散开,从而表现为结块率降低。

表5 酶解程度对干燥工艺的影响

Tab.5 Effect of amylolytic degree on spray drying

DE 值	料液中燕麦粉质量分数/%	产品得率/%	堵塞情况
1.6	8	42.21	料液中燕麦质量分数达到10%时,喷头堵塞严重,无法进行正常喷雾干燥,稀释至8%时正常进行
30.1	20	67.38	喷头3次发生堵塞
33.5	20	67.65	喷头堵塞1次
36.2	20	63.13	顺畅
41.1	20	58.81	喷头堵塞1次
51.7	20	67.88	顺畅

表6 各指标间的相关系数

Tab.6 Correlation among different properties of dried oat powder

DE 值	结块率	休止角	粘度	得率	含水率
DE 值	1				
结块率	-0.1810	1			
休止角	-0.1188	0.0838	1		
粘度	-0.7201*	0.8410**	0.7038*	1	
得率	-0.0533	-0.8203*	0.2598	0.1457	1
含水率	0.4945	0.4408	-0.2884	-0.1425	-0.6314*

注: * 在 $P=0.05$ 水平上显著, ** 在 $P=0.01$ 水平上显著。

2.5 酶解程度对产品感官品质的影响

表7为酶解程度对产品感官品质的影响。从总分上看,酶解程度较高的产品总分较高,表明该产品较受品尝者喜爱。而经过酶解处理的产品在所有评分项目中都远高于未经酶解处理的产品。酶解程度较高的产品,色泽更明亮、状态更稳定,这可能和糊

精或还原糖更易溶于水有关,酶解后的样品易溶于水的糊精和小分子糖的含量较高。酶解程度较高的产品在香气和风味上均有较高得分,这是由于酶解程度高的产品美拉德反应更加充分,产生的风味物质更多,另外含糖量高更易刺激味蕾。酶解程度适中的产品口感得分较高。这说明品尝者更喜欢粘稠

表 7 酶解程度对产品感官品质的影响

Tab. 7 Sensory evaluation results of dried oat powder

DE 值	色泽	状态	香气	风味	口感	合计
1.6	2.6	2.0	3.6	2.4	2.8	13.4
30.1	5.0	4.4	4.4	5.0	5.6	24.4
33.5	4.8	4.2	4.2	4.4	5.4	23.0
36.2	5.6	5.6	4.4	5.0	5.6	26.2
41.1	5.6	6.0	4.6	5.2	5.4	26.8
51.7	5.8	5.6	4.8	4.8	5.0	26.0

度较高的感受,而酶解程度最高的产品口感稀薄,评分较低。总体来看,DE 值为 36.2 和 41.1 的两款产

品的得分最高,酶解程度超过 DE 值 41.1 时含糖量过高,不利于中老年消费者食用,因此 DE 值在 36.2 左右的产品最具有市场前景。

3 结束语

研究发现,酶解至 DE 值为 36.2 和 51.7 的燕麦粉在各个指标测评中表现较好,其中 DE 值为 51.7 的燕麦粉的溶解性明显好于其他样品,但其冲调后粘度低、含糖量较高,浓稠感较差。综合考虑,将酶解程度控制在 DE 值为 35~38 时,可以极大地提高生产效率,而且所得干粉的颗粒度适中,品质较佳。

参 考 文 献

- Sara E, Adriana M, Edneli S, et al. Production and properties of casein hydrolysate microencapsulated by spray drying with soybean protein isolate [J]. LWT-Food Science and Technology, 2009, 42(5): 919~923.
- 伟强,郭松旺. 工艺参数对蛋白粉离心喷雾干燥质量问题的研究[J]. 食品工业科技, 2006, 27(2): 53~55.
Wei Qiang, Guo Songwang. Research on process parameters for the quality problem in centrifugal spray drying of protein powder [J]. Science and Technology of Food Industry, 2006, 27(2): 53~55. (in Chinese)
- 忠会,李宏高. 绿豆营养粉深加工的探讨[J]. 陕西科技大学学报, 2005, 23(4): 44~48.
Zhong Hui, Li Honggao. Investigate the processing of green beans nutrition powder [J]. Journal of Shaanxi University of Science and Technology, 2005, 23(4): 44~48. (in Chinese)
- 胡奇伟,王春维,过世东,等. 血浆蛋白粉喷雾干燥工艺的研究[J]. 粮食与饲料工业, 2005(9): 33~36.
Hu Qiwei, Wang Chunwei, Guo Shidong, et al. Research on technology of plasma protein flour by pray drying [J]. Cereal and Feed Industry, 2005(9): 33~36. (in Chinese)
- 汤慧民,熊华,熊小青,等. 干燥工艺对苦瓜粉品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2005, 31(4): 92~94.
Tang Huimin, Xiong Hua, Xiong Xiaoqing, et al. Impact on the quality of bitter gourd powder by drying process [J]. Food and Fermentation Industries, 2005, 31(4): 92~94. (in Chinese)
- 张军合,刘俊红,李晓芳. 喷雾干燥速溶天然无核枣粉的研制[J]. 食品研究与开发, 2009, 30(8): 54~58.
Zhang Junhe, Liu Junhong, Li Xiaofang. Study on instant date powder by spray drying from natural ziziphus jujuba [J]. Food Research and Development, 2009, 30(8): 54~58. (in Chinese)
- 许春英,乔长晟,贾士儒,等. 天然南瓜粉生产工艺及关键技术的研究[J]. 食品科学, 2007, 28(1): 377~378.
Xu Chunying, Qiao Changsheng, Jia Shiru, et al. Study on the key technology in the processing of natural pumpkin powder [J]. Food Science, 2007, 28(1): 377~378. (in Chinese)
- GB/T 20882—2007 果葡糖浆[S]. 2007.
- 钟芳,王璋,许时婴. 喷雾干燥条件对豆粉速溶性的影响[J]. 食品工业科技, 2003, 24(12): 18.
Zhong Fang, Wang Zhang, Xu Shiyong. Conditions of spray drying on the nature of soybean meal instant [J]. Science and Technology of Food Industry, 2003, 24(12): 18. (in Chinese)
- 李鹤,许娟,马亚团,等. 物理化学实验[M]. 杨凌:西北农林科技大学出版社, 2009: 42~44.

(上接第 174 页)

- Vasconcelos J A, Maeiel J H R D, Parreiras R O. Scatter search techniques applied to electromagnetic problems [J]. IEEE Transactions on Magnetics, 2005, 41(5): 1 804~1 807.
- 罗家祥,唐立新. 带释放时间的并行机调度问题的 ILS & SS 算法[J]. 自动化学报, 2005, 31(6): 917~924.
Luo Jiexiang, Tang Lixin. A new ILS & SS algorithm for parallel-machine scheduling problem [J]. Acta Automatica Sinica, 2005, 31(6): 917~924. (in Chinese)
- Glover F, Laguna M, Marta R. Fundamentals of scatter search and path relinking [J]. Control and Cybernetics, 2000, 39(3): 1~23.