

食品挤压蒸煮系统的应用和进展

高维道

(食工系)

前言

目前,世界上各工业发达国家在食品加工的研究中有两大趋向,其一是开发各种食品加工的新资源,广泛而充分地利用食品加工的原料,再通过一定的手段,组合制成各种风味的工程食品;另一趋向是使食品加工过程越来越短、快,而加工温度则越来越高,即所谓“高温短时”(HTST),从而提高了食品的品质和营养价值。“挤压蒸煮技术”是符合食品加工的这两个要求的,所以近来它的发展较快,是很有前途的一种食品加工技术。我国已有一些单位从国外引进了一些食品挤压机及系统。

本文参考部份国外有关文献,结合对引进的双螺杆挤压机进行调试、实践的过程,阐述一些体会。

一、高温短时挤压蒸煮系统

食品的挤压蒸煮加工是将含一定水分的淀粉或蛋白质等原料在一个加热机的筒内,由与其良好配合的转动螺杆进行输送挤压,借助于压力、加热和机械剪切力的联合作用,加速淀粉的糊化或蛋白质变性,进行增塑和蒸煮的工艺方法。物料再在各种形式的模具中成型,继之膨胀并被旋转的刀片切割成所需要的长度。这种挤压蒸煮的温度一般在 120°C 以上,而受热的时间却很短(一般在一分钟以内),属于高温短时加工工艺,对于保持食品的营养成分、良好的质构、口感、风味是非常有益的,它是目前食品蒸煮加工系统中最新、用途最多、最经济有效的一种方法。正如斯坦布(Stumbo)所说:“食品工业史上,最重要的发现之一是采用短时间的高温,在杀菌值上与应用长时间的低温是等效的。”^[1]高温短时挤压加工能保证食品不会产生过热、变色、营养成分或功能特性等方面的损害,在微生物方面具有安全可靠。Johnston曾讨论过高温短时挤压蒸煮设备的技术原理^[2]。

据初步估计,目前大约有四五个国家的公司制造各种各样的食品挤压机。食品挤压机有多种分类方法,可按设备的结构、性能特点、自动化程度,螺杆头数来分,也可进行综合分类。综合分类有高压型挤压机;低剪切蒸煮挤压机;高剪切蒸煮挤压机;开式机筒挤压机;自动挤压机;等温挤压机和多变挤压机等。

一般的高温短时挤压蒸煮系统(见图1)包括下列各基本组成部份:

1) 将粒状或粉状加工原料(包括混合料)以均匀可控速度送入挤压蒸煮机的连续喂料装置。

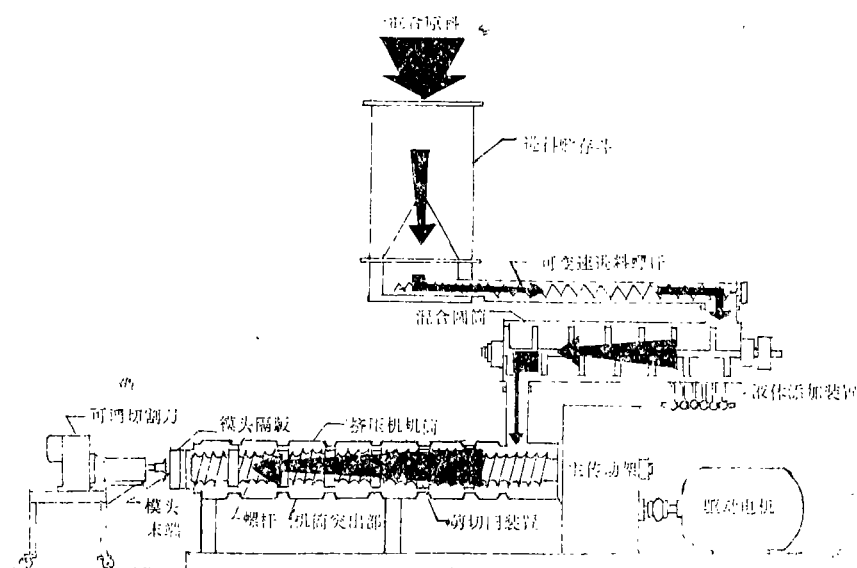


图 1 HT/ST 挤压蒸煮系统配置图

2) 用蒸汽或水均匀地进行加湿的方法,通常可采用小型给水泵,并可调节进水量,如果使用二次研磨的精粉代替粗粉,那么在加工前物料有时要先行加水,同时,应在挤压蒸煮湿料之前,给以 20~30 分钟的成熟时间。

3) 机筒和机筒中的螺杆是挤压机的主要机件,其构造要根据被蒸煮制品性质选定,要使加湿的加工原料从无定形自由流动的颗粒状或粉料揉压后成面团。

4) 挤压物料的温度控制装置,特别是物料处于最大压塑压力期间应有温度指示和控制装置。

5) 提高面团达最佳温度的装置。在最后 10 至 30 秒内,应使面团达到所希望的挤压温度。加热热源可采用电热或感应加热,感应加热的套筒温度可高达 390℃ 左右。

6) 要有控制物料在机筒内行进速度的装置。它不仅能确定时间与温度的相互关系,而且也决定了产品受剪力和搅动的程度。

7) 应备有若干套各种模孔的挤压成形模具,加上切割设备,从而使产品能得到所希望的形状和长度。

8) 具备挤出物的干燥和冷却设备,有时把它放在外加香料、脂肪、维生素之前或之后。

由于挤压时物料所需的压力、剪切力可以由缩小机筒直径或由加工大螺杆直径产生,也可由改变螺距产生,因而挤压螺杆可以设计成为多种形式^[3]。如图 2 所示。

当挤压机螺杆的结构组成、螺距、转速或产品在挤压机中的滞留时间变化时,则挤出物的功能和感官特性也会变化。只有了解了它们之间的关系,才能具有变换挤压机结构、加工条件、产品滞留时间、剪切力和原料的能力。高温短时挤压蒸煮设备的技术原理,国外已有一些专著。当然,全面深入地讨论高温短时挤压蒸煮设备与

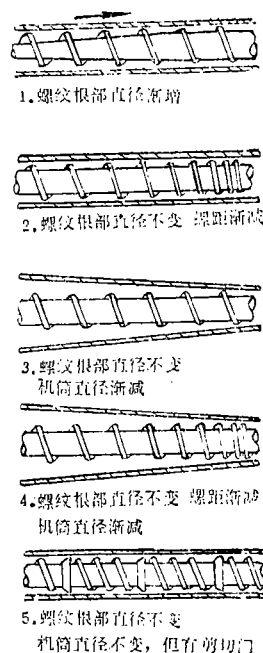


图 2 挤压机螺杆设计型式

工艺及产品质构变化等尚有待进一步研究。

在食品挤压蒸煮加工过程中,淀粉物料及蛋白质物料的挤压蒸煮是极其重要的。

二、淀粉物料的挤压蒸煮

食品挤压机可用来挤压蒸煮含有淀粉的物料,也可用来挤压蒸煮各种淀粉制得食品。淀粉在挤压蒸煮条件下很快进行糊化,这是一个复杂的过程,要受许多因素的影响。淀粉糊化的主要特征是淀粉粒悬浮在过量水中时,随着温度的升高,水分的渗透也随之增加,过量水分的渗透,依靠剪切力而造成温度上升,大量水分被吸收,最后淀粉颗粒破裂,糊化作用表现为淀粉分子中氢键结合的变化,这时糊化淀粉表现为持水性的大大提高。淀粉糊化恰当,不仅产生了溶解度和流体动力学性质的变化,而且糊化淀粉对快速的酶降解作用也很敏感。这在工艺学和营养学方面有重大意义。

经过高温短时挤压蒸煮方法制得的小麦糊化淀粉,在高倍显微镜下可以观察到其结构发生了变化,淀粉颗粒原来结构的轮廓较分明,而经过热、湿和剪切作用处理后转变成连续多孔的网状结构。对于像面粉那样含有丰富淀粉的原料,淀粉的糊化从营养和功能两方面考虑都是重要的。水分含量和温度对挤压蒸煮淀粉原料的性质影响很大。这在我们对双螺杆挤压机的调试和试制食品中,经感官鉴定和显微结构观察中都能得到证实。水分含量一旦超过糊化量则不能膨化,即使水分超过稍少而产生膨化,但因其制品出料后水分的迅速蒸发,原有的膨胀形态很快变瘪了,这是由于过度的膨化使淀粉结构中作为食品膨体空间支柱的骨子键拉长了,在膨体空间水分蒸发后的刹那形成负压,在大挤压力作用下,一旦超过骨子键的强度,则膨化后的食品很快收缩而变瘪了。此外,用同一种小麦淀粉作为原料,在同一台挤压机中若采用不同的剪切力进行挤压可以制得稠度不同的制品。用低切变挤压可制得具有稠糊特性的制品,而用高切变挤压可制得稀糊制品。在中间条件下加工淀粉,可以得到中等稠度等制品。由此可见,挤压机结构和物料加工条件的选择,对加工物料的性质影响很大,如挤出制品的粘度、复水率、密度和糊化(即胶凝)特性等。

三、蛋白质原料的挤压蒸煮

大豆含有丰富的植物蛋白质,用脱脂大豆粉经过高温短时挤压蒸煮后成为组织化大豆蛋白(即TSP),它可用作许多食品中肉或鱼的增补剂。蛋白质食品原料经过高温短时挤压蒸煮后改变了原来的结构,并产生了一些新的功能特性。下面将谈到如何进一步利用这一点来发展植物蛋白质所没有的复杂结构,水分起到了加速并增强了这一蛋白质的热变性过程。

如果要使大豆的营养价值提高,就必需消除出现在大豆粉中某些抗营养的因素。用高温短时的热湿处理可以达到这个目的。也就是说最有效的方法是在挤压蒸煮过程中对热量和水分同时进行控制。不过要在尽量减少大豆蛋白质的营养价值因热变性而受到损害的同时,要找到兼顾脂酶、脂肪氧化酶、抗胰蛋白酶因子失活和其它因素之间的加工平衡。加热适中可使大豆蛋白充分变性,致使其具有较小的溶解性和较大的可消化性,并促使组织化制品形成纤维状、条层状的结构。大豆中的胰蛋白酶抑制剂(TI)是人们比较敏感的一个因子,应该将其钝化,但是,若将大豆中的TI值完全破坏,则会引起其它营养成分较大的破坏,即蛋白质功效比值(PER值)的较大下降,尤其是有效赖氨酸的下降,因而胰蛋白酶抑制剂不一定要100%的钝化,而应视其总营养价值而定。也就是说,如果对在安全的加工温度下的加工时

间加以控制,并且时间很短,那就会使酶和抗营养因子刚好失去活性,而大豆蛋白质的营养价值没有降低,相反却有提高。未经烘烤的闪蒸脱溶脱脂大豆粉的蛋白质功效比值约为1.8;高温短时挤压蒸煮大豆粉的蛋白质功效比值为2.0~2.2^[4]。生大豆充分的热处理需要调节好温度、时间、水分三者之间的关系。Mustakas等人指出^[5],生大豆中胰蛋白酶抑制剂的钝化在热处理温度下保持水分和时间的过程,对于得到相同的胰蛋白酶抑制剂钝化作用而言,较高含水量的大豆要求较短的停留时间,挤压机出口处的温度用135~149℃比用121℃有效得多。Harper等人也指出^[6],钝化55~70%的TI值需要挤压温度为138℃,用更高的温度将导致更大的钝化。

高温短时挤压蒸煮可以用于生产以谷物为基料,以蛋白质、维生素、矿物质进行强化的各类的食品。这些食品包括早点谷类食物、小吃、婴儿食品、速溶汤粉等。由于挤压机中剪切力、水分和温度的控制,以及进行高温短时蒸煮条件的获得,因此可赋予许多农产品以较好的营养价值和功能特性,就有可能改进蛋白质的利用率和可消化性,并具有适当的美拉德反应,对营养价值的损害很少,还可增加食品的色泽和香味。

四、高温短时蒸煮挤压优点

近十年来,高温短时的蒸煮挤压系统发展较快,除了改进挤压机的结构和部件外,还对系统采取高效混合措施和配有强制性喂料机构等,使其优点更加突出。高温短时蒸煮挤压的优点主要有:

1) 能有效地使淀粉糊化、蛋白质结构的改良,得到必要的功能特性、控制最佳的生长抑制剂、抗营养因子、生产出更纯净、在微生物和酶上更安全、更稳定的食品,并具有良好的外形、口感和风味。

2) 若需加入氨基酸、蛋白质、矿物质、食品色素、香味料及某些维生素时,能够把这些添加物均匀地分配在挤压物中,不可逆地与挤压物相结合,因为高温是短时的,减少了对维生素的损害。

3) 可节省单位重量蒸煮产品的电、汽、水消耗。例如,BC45型双螺杆挤压机生产能力为40~60kg/h,驱动功率为14.7kW,加热器功率为7kW,除需要少量冷却水外不需要蒸汽等能源,比较经济。

4) 劳动生产率高,而加工费用低。根据Johnston曾对某种用HT/ST挤压蒸煮机生产的特定产品的加工费用和耗能费用的分析情况看^[2],每吨产品的加工费用要比其它任何工业蒸煮方法的费用都要低。

5) 单位重量产品所需的占地面积很小。例如,BC45型双螺杆挤压机包括自动控制机在内需占地面积不到6m²,这也是其它任何食品蒸煮加工系统所不及的。

6) 由于其结构设计独特,可以较简便和快速地组合或更换零部件而成为一个多用途的系统。通过挤压机部件、物料品种、水分含量和加工条件的变化,可以生产许多不同产品。例如:除前述各种食品外,还可生产饮料、方便面食、糖果、组织化蛋白、酪蛋白酸盐、糊精、香料、药品、动物食品、调味品等^[7],还可用于糖果用蔗糖的脱晶、巧克力浆精磨等。

7) 高温短时蒸煮挤压机一般皆为连续性设备,其生产能力可在一定范围内进行调节,小型设备的连续生产能力约为30~50kg/h,而大型设备的连续生产能力可达7000kg/h^[8]。

8) 生产过程在密闭的机筒内进行,保证了生产的食品完全符合卫生法的安全、稳定的

的要求。机器能够容易地进行清理,这是细菌学方面所需要的,也是防止加工产品产生不良风味所必不可少的。

五、食品挤压技术的进展

食品挤压蒸煮机的问世,对食品工业加工技术来说确实是一场革命。它通过蒸煮和挤压这两项基本操作,不但可以制成各种新型食品,而且还可以发展加工各种传统食品的新技术。

国外在七十年代后期用高温短时挤压蒸煮机研制成的组织化大豆蛋白是挤压蒸煮技术应用的一个典型。组织化大豆蛋白是由脱脂大豆粉或浓缩物,经挤压蒸煮产生的一种有咀嚼感的片状或丝状而构成挤出物,再经过处理后而成。它适合作为肉类补充品,甚至制成肉类仿制品。在美国已将这种肉类补充品加入到汉堡牛排、罐装饼馅、肉糕、干辣椒和流质三明治中,加入到汉堡牛排中的水合蛋白质代替肉类高达30%^[4]。随着世界各地牛肉和鱼的价格不断上涨,TSP肉类补充品在市场上的销路不断扩大,这对改善我国肉类、鱼类的紧张状况,供应价廉物美、营养丰富的这类产品有重大意义。国外这种肉类补充品更多地用于香肠、馅饼、汤菜、焖肉等。这种肉类补充品也可用小包装形式投放市场,供消费者按需配入肉或鱼中使用。

根据O.B.Smith提到,用来生产肉类补充品的脱脂大豆粉应该至少含有50%蛋白质,纤维素和脂肪含量至多分别在3%和1%,而且大豆粉的NSI应有50~70%,最好在60~70%。也可以用大豆浓缩物代替脱脂大豆粉作为基料,浓缩物的NSI多半用12~30%,但使用大豆浓缩物增加了制品的成本,当然,有益的是可以去除一些碳水化合物。也可以用油菜籽浓缩物来生产组织化蛋白质,除了它们有高的营养价值外,在功能方面所起的作用也很大。在大豆中,头一种有限氨基酸是蛋氨酸,而油菜籽,除了是色氨酸(在玉米中的限制性氨基酸)可靠的来源外,还是蛋氨酸的重要来源,有很高的价值。谷物粉和油菜籽蛋白质是最经济、最丰富、最有用的蛋白质。通过添加油籽和谷物蛋白来提高食品中蛋氨酸的来源是最有效的。

目前,挤压技术有了新发展,利用这些技术,组织化蛋白质在挤出后可以进行洗涤,以浸出包括密三糖和野芝麻四糖在内的可溶性糖类的主要部分。这些糖类在TSP中,作为肉类补充品及肉类仿制品,被摄入肠胃时便引起肠胃气胀的现象。

组织化大豆蛋白有时会产生异味,它是从大豆的香味物母体中产生出来的。这种偶尔的异味与酚类和醛类有关,也与脂肪氧化酶有联系,经过挤压蒸煮后,酚、醛类都可挥发掉,酶亦可钝化。如果每次设备停车后彻底加以清洗,用掩盖剂覆盖掉豆腥臭味物质母体是非常有效的。这些掩盖剂也提高了掺有补充品的肉类的风味。

值得注意的是,决不能认为肉类补充品就是肉类仿制品。肉类仿制品是一种具有肉的形态、组织和口感、按肉食品大小分块的像肉一样的肉块。国外研制称为“Uni—Tex”即作为一种仿制肉^[4]。具有与肉类非常相似的质地与口感,这可能是因为它的无空穴、平行、非扭曲的线结构的各层厚度均匀所产生的结果。

高温短时挤压蒸煮机亦可用于研制民族烹饮食品。国外已研制成预熟速食“arepa”和“tortilla”。“arepa”是去胚芽和脱皮玉米制成的一种不加盐的厚饼,传统销售在哥伦比亚及其邻近的城市。“tortilla”为玉米粉煎饼和烘烤饼,在不少拉丁美洲国家生产这种传统食品,

它是黄色或白色的全玉米粉做的,据说在石灰水中浸泡过,以软化皮壳,补充消费者餐食中的钙质。由于浸泡过石灰水,色氨酸和烟酸的可利用性提高了^[1]。它们的传统工艺是一种费时耗能的工艺。挤压蒸煮的温度与时间对它的品质影响很大,制品的效果与传统产品一模一样,包括吸水性、持水性以及颜色、质构和口感等。

啤酒酿造工业应用了好几种谷物增补料。根据啤酒工业中的定义,所谓增补料是除了使发酵液产生糖化作用的大麦芽以及其它任何糖源,其中之一就是制啤酒用的粗碾谷物。在粗碾谷物通过麦芽酶的作用把其中的淀粉转化成麦芽糖之前,淀粉必须经过糊化,使它对酶变得十分敏感。短时间的高温,加上水分含量高达40%甚至更高,便产生淀粉糊化,并且使它在啤酒工业所允许的15分钟转化时间里,实际上只需更少的转化时间,变成可被麦芽酶转化的东西。

国外食品挤压技术与理论的研究已处于兴旺时期。据英国“金融日报”近期报道,“英国食品制造业最近已有二十年历史的热挤压技术再度发生兴趣。不少食品研究中心正在研究食品在挤压机中发生变化的复杂过程。食品公司希望从挤压技术中发掘出新产品的制作方法。……”最近,法国蒙特皮利欧语言科学和技术大学的食物生化和工艺实验室给我的来函中说明他们在长筒型连续式挤压机中进行了蛋白质的变性和质构以及快速酶的淀粉水解等的研究。我院将有博士研究生进行挤压食品课题的研究。

综上所述,高温短时挤压蒸煮技术在食品加工中的研究和应用越来越广泛和深入。我国有关方面也应对此给予必要的关心和支持,使我国食品挤压蒸煮技术水平不断得到发展和提高。

参 考 文 献

- [1] Stumbo. C. R., Thermobacteriology in Food processing, Academic press, New york, 1973
- [2] Johnston, G. L., Technical fundamentals of extrusion Cooking equipment, 87th national meeting of the American Institute of chemical Engineering, Boston Massachusetts, August, 1979
- [3] Judson M. Harper, Food Extrusion February 1979
- [4] O. B. Smith et al, The Application of High Temperature shore Extrusion cooking in the food Industry, Kansas city Missouri U.S.A. 1980
- [5] Mustakas et al, Extruder——processing to improve nutritional quality, flavor and keeping quality of full——fat soy flour, Food Technol (chicago), 24, 1290, 1970
- [6] Harper, J. M. et al, Evaluation of Low——cost Extrusion Cookers for Use in LDC'S, Annual Report, LEC—2, Colorado state Unirersity, Fort collins 1977
- [7] CLEXTRAL CREUSTO——LOIRE Cooking Extruder Catalog.