

脂肪替代品在冰淇淋中的应用研究进展

Research progress on application of fat substitutes in ice cream

陈 龙^{1,2} 刘爱国^{1,2} 纪瑞庆^{1,2} 陈珍珍^{1,2} 李晓敏^{3,4}

CHEN Long^{1,2} LIU Ai-guo^{1,2} JI Rui-qing^{1,2} CEHN Zhen-zhen^{1,2} LI Xiao-min^{3,4}

(1. 天津市食品生物技术重点实验室, 天津 300134; 2. 天津商业大学生物技术与食品科学学院, 天津 300134;
3. 北京纳米纤维素技术研发中心, 北京 100022; 4. 中国国旅贸易有限责任公司, 北京 100022)

(1. Tianjin Key Laboratory of Food Biotechnology, Tianjin 300134, China;

2. College of Biotechnology and Food Science, Tianjin University of Commerce, Tianjin 300134, China;

3. Beijing NCC Technology R&D Centre, Beijing 100022, China;

4. China International Touriam & Trade Co., Ltd., Beijing 100022, China)

摘要:脂肪替代品可以替代传统冰淇淋中的脂肪,减少热量,有利于消费者的身体健康。文章综述近年来国内外学者对于脂肪替代品在冰淇淋中的应用研究成果,对其研究方法和结果进行分析、总结,并对脂肪替代品存在的问题和发展前景进行展望。

关键词:脂肪替代品;冰淇淋;研究进展

Abstract: Fat substitutes can replace the fat of traditional ice cream, reduce heat, and promote the health of consumers. This paper reviews the research methods and results of recent research scholars to apply fat substitutes in ice cream. Forecast the problem exist and development prospects of fat substitutes.

Keywords: fat substitutes; ice cream; research progress

脂肪替代品的发展首先起源于国外,到 19 世纪末相关产品的研究已经相当透彻,1989 年美国市场上开始出现无脂冰淇淋^[1]。中国对于脂肪替代品的探索开始于 20 世纪末,直到 2000 年后相关产品才零星出现,而在同时期的欧美国国家,脂肪替代品已经实现了大规模的工业化生产。目前,中国对于脂肪替代品的应用研究主要集中在冷食^[2]、肉食^[3]和烘焙制品^[4]等领域。

冰淇淋作为一种休闲式的冷饮制品,以其冰凉舒适,口感滑腻,易于消化吸收等特点,深受人们的喜爱。普通冰淇淋中脂肪含量约为 8%~16%^[5],相比于普通冰淇淋,低脂冰淇淋的脂肪含量仅占其 50%左右^[6]。利用低能量的脂肪替代品替代冰淇淋中的油脂已成为健康饮食中的研究热点,为新型健康冷饮食品的开发提供了新途径。

作者简介:陈龙(1989—),男,天津商业大学在读硕士研究生。

E-mail:18812666456@163.com

通讯作者:刘爱国

收稿日期:2015-02-09

1 碳水化合物为基质的脂肪替代品

碳水化合物基质脂肪替代品主要是通过多糖凝胶分子束缚一定量的水分子产生类似油脂的流变和质构特性,无论其外观还是本身都跟油脂具有高度的相似性,能够使冰淇淋浆料中的蛋白质、稳定剂充分发生水合作用,提高料液的黏度以及成品的膨胀率和保形性。此类脂肪替代品是应用研究最为广泛的一类,除来源广泛外,还具有替代率高、耐高温、货架期长等优点,尤其适合在冰淇淋中应用。但碳水化合物类脂肪替代品大部分带有异味,使其用量受到限制。

1.1 淀粉类

淀粉类(starch)脂肪替代品可以分为抗性淀粉和低 DE 值麦芽糊精类,对前者的研究较少,麦芽糊精类是以各种作物粉为原料,经过物理、化学等方法将淀粉大分子分裂为糊精化的小分子,小糊精的大量堆积冲撞,使其感官和质构特性与油脂非常接近,聚合度小的糊精可以和长链的淀粉分子形成三维网状结构,将流动的水分子截留在网状结构中,大于 70 个葡萄糖残基的直连淀粉分子和支链淀粉分子相互作用形成多结点的小冰晶,目前市场上有 60 多种淀粉为基质的脂肪替代品。

D. B. Aime 等^[7]用改性豌豆淀粉作为脂肪替代品分别生产轻脂(10%)、低脂(2.5%)、无脂(0.4%)冰淇淋,结果发现豌豆变性淀粉作为脂肪替代品应用于冰淇淋中效果良好。D. Meyr 等^[8]研究表明,当菊粉在低脂冰淇淋中的添加量为 4%时,与正常冰淇淋的感官特征最为接近。Akin 等^[9]研究了菊粉对于益菌冰淇淋和血糖水平的影响,随着菊粉的增加冰淇淋浆料的黏度和抗融性都有所增加,但对于感官和质构并不产生太大的影响。K. Schmidt 等^[10]发现淀粉为基质的

脂肪替代品 mimicker(替代量为 2%~5%)使低脂冰淇淋浆料黏度大大增加,流动性能提高,成品的硬度略有降低。郭艳莉等^[11]研究玉米淀粉基质脂肪替代品冰淇淋,发现随着替代量的增加,膨胀率降低,抗融性逐渐提高,流变学特性上全脂冰淇淋浆料 $G'' > G'$,当脂肪替代量为 25%,50%,75% 时的冰淇淋浆料在低频区 $G'' > G'$,在高频区 $G'' < G'$,无脂冰淇淋 $G'' < G'$,冰淇淋的黏弹性随着脂肪替代量的增加均有所增加。张春红等^[12]将经过酸法、酶法处理过的淀粉基质脂肪替代品用于生产低脂冰淇淋,在确保冰淇淋感官特征的基础上最终选取替代比例为 70%。杨玉玲等^[13]发现籼米基质脂肪替代品冰淇淋的品质良好,替代率不同的冰淇淋感官性质也发生了不同程度的改变,并且利用 TA-XT2i 型质构仪和 AR1000 型流变仪进行了相关性质的研究。结果表明,随着脂肪替代量的增加,冰淇淋的硬度逐渐下降;当质构仪测定的冰淇淋硬度为 8 000 g 时感官品质最为理想。淀粉类脂肪替代品能被人体完全消化,不会引起腹泻、肛漏等不良反应。但将其作为脂肪替代品应用于低脂或无脂冰淇淋的生产,需要改进传统配方。

1.2 纤维素和半纤维素类

纤维素和半纤维素(cellulose and hemicellulose)广泛存在于各种植物之中,它们不仅可以促进冰淇淋中各种风味的释放而且还能提高保形性。据测定^[14],纤维素类粒子的直径普遍小于 10 μm,与脂肪微粒大小相当。纤维素粒子分散后与水分子通过物理键能作用形成三维网状结构的弱凝胶,再通过一系列的物理化学作用改变纤维素、半纤维素的凝胶分子即可得到类似于油脂特性的脂肪替代品。

Tainara de Moraes Crizel 等^[15]将橘皮纤维作为脂肪替代品应用于冰淇淋的生产。结果表明替代率为 70%时冰淇淋的颜色、质地和口感不会发生显著变化,经消费者满意度调查 74%的消费者愿意购买此种脂肪替代品冰淇淋。Alejandra Regand 等^[16]将不同种类的稳定剂(其中包括纤维素类脂肪替代品 CMC)添加到冰淇淋中利用荧光显微镜技术观察其微观结构,研究结晶与再结晶机理。结果表明,具有凝胶特性的稳定剂比不能形成凝胶的稳定剂更能抑制冰淇淋中重冰晶现象。Christos Soukoulis 等^[17]通过 4 种膳食纤维(燕麦、小麦、苹果、菊粉)对冰淇淋混合模型的流变和热性能进行研究,结果发现不溶性的纤维化合物能够增加冰淇淋混合模型的黏度并且发生剪切稀变现象,然而水合纤维素和半纤维素形成的网状结构虽然没有显著改变样品的流变学性质但能抑制冰点降低和玻璃化转变温度的升高。上述研究表明无论是不溶性纤维化合物还是水溶性纤维素、半纤维素都有利于冰淇淋的生产。韩浩等^[18]将微晶纤维素(MCC)作为稳定剂添加到冰淇淋中,并适当降低奶油的添加量。结果表明,冰淇淋的感官和质构特性以及温度波动试验结果都要明显优于对照组;当 MCC 的添加量小于 0.4%时,冰淇淋膨胀率和风味呈上升趋势,超过这一比例膨胀率逐渐下降;添加量大于 0.5%时风味亦呈现下降趋势。王大为等^[19]采

用高压蒸煮法和挤压法处理玉米膳食纤维得到相关的脂肪替代品,发现当其在冰淇淋中替代率为 6%时效果最好。纤维素类脂肪替代品几乎不含热量,被 FDA 认定为公认安全物质(GRAS),适用于传统高热量的冰淇淋产品,而且通过改变纤维素的粒径、胶粒形状可以得到不同性状的脂肪替代品。

1.3 葡聚糖类

葡聚糖(dextran, glucan)又称右旋糖酐,主要由 D-吡喃葡萄糖以 α,1→6 键连接,支链点有 1→2、1→3、1→4 连接的。常见的 β-葡聚糖广泛存在于各种菌类与植物中,独特的结构使其具有类似油脂的特性。特殊的结构赋予了葡聚糖黏度高的特性,在一定条件下可以形成弱凝胶,此外乳化性也是其被广泛应用于冰淇淋的原因之一。

Silva 等^[20]研究发现菊糖具有脂肪替代品的性质是基于其特有的流变学特性,使产品具有类似脂肪的滑腻口感,替代传统冰淇淋中的奶油,适合于开发新的低脂无脂冰淇淋。H. Vaikousi 等^[21]将 β-葡聚糖添加到冰淇淋中,并分析其流变学性质。结果表明,冰淇淋的黏度、膨胀率都有不同程度地提高,感官上并不发生大的变化。宫艳艳等^[22]以啤酒废酵母泥为原料,利用不同提取方法生产酵母葡聚糖,并将其应用于低脂冰淇淋的生产。结果表明,随着替代量的增加冰淇淋浆料的黏度和冰淇淋硬化后的硬度增加,膨胀率和抗融性也略有提高;感官评定表明 40%以内的替代量是可以接受的。何强等^[23]对低脂菊糖冰淇淋的流变、质构及感官特性进行了研究。结果表明,菊糖添加量的增加提高了冰淇淋中浆料的黏度,以及硬化后产品的硬度和成品的抗融性;加入 5%菊糖的低脂冰淇淋感官最接近全脂冰淇淋。董吉林等^[24]研究表明,在低脂冰淇淋配方中,加入 0.2%燕麦 β-葡聚糖能明显提高冰淇淋的膨胀率和料液的黏度,大大增加冰淇淋的抗融性。李晓东等^[25]采用正交试验对大豆低聚糖基质的低脂冰淇淋配方进行优化筛选。结果表明,当大豆低聚糖替代量低于 4.0%时,冰淇淋的感官特性未发生改变,此时大豆低聚糖保留量达到 94.7%。葡聚糖类脂肪替代品具有良好的营养保健功能,将其应用于冰淇淋中不仅能够降低冰淇淋的热量,而且具有一定的保健功能,是一类非常值得期待的脂肪替代品。

1.4 胶体类

胶体类(colloid)脂肪替代品多为高分子量的多糖类物质,通过极性键、氢键、离子键、分子间力把水分割为强烈水化的结合水、邻近水、多层水、游离水和截留水。强烈水化的结合水只能跟随胶体大分子运动,邻近水、多层水的运动速度也受到影响,游离水和截留水仍然可以自由运动,使原来的料液黏度得到提高,产生类似油脂的特性^[26]。

M. bahram Parvar 等^[27]将 κ-角叉菜胶和 3 种稳定剂加入到冰淇淋。结果表明,随着 κ-角叉菜胶含量的改变,冰淇淋的黏度,低脂冰淇淋的感官特性也随之发生改变。J. V.

Patmore 等^[28]将刺槐豆胶和瓜尔豆胶作为稳定剂加入到冰淇淋中,发现具有凝胶性的多糖稳定剂和蛋白质多糖不兼容,影响冰淇淋的结晶和再结晶过程。S. Bolliger 等^[29]研究了在冰淇淋中稳定剂的添加与冰晶的生长之间的关系,通过改变瓜尔豆胶的添加量,研究冰晶的生长状况,结果发现瓜尔豆胶能够抑制冰晶的生长,除了抑制冰晶,瓜尔豆胶的添加还可以降低冰淇淋中脂肪的添加量。Maryam Bahram Parvar 等^[30]选取罗望子胶、CMC、瓜尔豆胶 3 种稳定剂的混合物,分别在 0.15% 和 0.35% 2 个浓度下进行混合设计研究。结果表明,混合物中罗望子胶的比例越高冰淇淋的表观黏度增加越明显且融化率下降越快。黏度的增加是因为当强烈水化的凝胶性胶体大分子的浓度达到临界浓度以上,并聚集到可以强烈相互作用的程度形成立体网状结构时,可以物理截留一部分水,提高溶液黏度,这些胶体常常作为增稠剂、稳定剂和凝胶剂用于冰淇淋的生产,此外还能起到抑制冰晶的作用,其用量通常较少(0.1%~0.5%)。

2 蛋白质为基质的脂肪替代品

蛋白质(protein)为基质的脂肪替代品是以天然蛋白质为原料,经过物理、化学处理后所得到的柔软细腻的似水乳体系来模拟油脂相关特性。蛋白质在经过变性条件变性后,大分子中的疏水集团暴露在分子集团表面,与水分子形成对立状态,产生类似油脂的疏水特性,经过均质作用的蛋白质会发生水合作用,蛋白质微粒分散在水相中,形成平均直径小于 10 μm 的超微蛋白质颗粒,远远小于舌头识别的阈值,因而能够很好模拟脂肪润滑、细腻的口感。蛋白质为基质的脂肪替代品对食品的持水性及乳化性有所改善,特别适用于冰淇淋等冷饮制品中。

Ayse Sibel Akalm 等^[31]用 4% 的乳清蛋白分离物(WPI)和 4% 的菊粉作为脂肪替代品来生产低脂冰淇淋,结果发现 WPI 改变了冰淇淋的流变学特性,提高了表观黏度、稠度,此外硬度和抗融化性也显著增加。Gustavo das Gracas Pereira 等^[32]将大豆提取物作为冰淇淋配料来减少脱脂乳粉的量,结果显示冰淇淋的抗融性增强,产生了大量的小冰晶,温度波动以及再结晶时间缩短,其替代物用量最高可达脂肪量的 20%。J. M. Chauhan 等^[33]将乳清浓缩蛋白添加到冰淇淋中,研究其对冰淇淋风味的影响。结果表明,当 WPC 的添加量为 10% 时,低脂冰淇淋的效果较为理想。Rajes k. Bund 等^[34]以冰晶大小和冰淇淋抗融性为指标,将乳清蛋白粉(DLP)和亲乳剂作为混合物应用到低脂冰淇淋,发现当其比例为 30 : 70 时冰淇淋的感官特性最为理想。卢蓉蓉等^[35]以乳清蛋白 WPC-80 为基质生产低脂冰淇淋,替代中脂冰淇淋中 25% 的脂肪,随着替代量的增加,产品浆料黏度和膨胀率升高,抗融性和硬度下降,质构和流变检测发现得到的低脂冰淇淋的品质与普通冰淇淋相似。刘婷婷等^[36]研究表明,以玉米蛋白为基质来模拟冰淇淋中的油脂,既可以降低产品的热量,减少生产冰淇淋的成本,又能提高玉米的附加

值;玉米蛋白脂肪模拟物的最适添加量为 8%。蛋白质为基质的脂肪替代品在冰淇淋中可部分或全部替代脂肪,其具有良好的乳化和滞水作用,使冰淇淋的质地更加均匀细腻,防止冰晶过大带来的沙粒感。此外还能提高冰淇淋的抗融性,蛋白质为基质的脂肪替代品通常为乳及其相关制品,因此这类产品在冰淇淋中较其它脂肪替代品有更好的应用前景。

3 脂肪为基质的脂肪替代品

脂肪为基质的脂肪替代品种类繁多,大多采用化学方式制备,它们以脂肪酸为基础经过酯化作用形成,起到降低食品热量的作用,由于特殊的结构,使它们与天然脂肪具有相似的物理性质,同时还能为食品提供特殊的风味和质构特性,在高温油炸和烘焙产品中具有独特的优越性。国外对于脂肪为基质的脂肪替代品的研究较为广泛,开发应用于冰淇淋的产品很多,诸如 Carprenin、Salatrim、MCT、Olestra、DDM、EPG^{*}等。

田龙等^[37]将马铃薯淀粉中提取的天然淀粉磷酸酯作为增稠剂、稳定剂用于冰淇淋的生产。结果表明,当磷酸酯淀粉添加量为 3.5%,海藻酸钠添加量为 0.05%,明胶添加量为 0.1% 时冰淇淋品质最佳。夏清风^[38]将琥珀酸早釉米粉酯应用于低脂冰淇淋产品中。结果表明,添加 3.2% 琥珀酸早釉米粉酯的无脂冰淇淋效果最好,而相同量的原淀粉则达不到此效果,说明琥珀酸早釉米粉酯适合作为脂肪替代品应用到无脂冰淇淋。鉴于脂肪基质类脂肪替代品在人体内独特的消化吸收方式,其可作为一种最为理想的低脂、无脂替代品应用于冰淇淋生产。但是由于化学合成过程中形成的酯键能抵抗人体消化酶的催化水解,因此很难被人体消化吸收,过量食用会导致渗透性腹泻、肛漏,因此,使用时应注意控制其用量。

4 问题与展望

作为休闲食品,冰淇淋深受人们的喜爱。但高热量的传统冰淇淋又影响人们的身体健康,利用脂肪替代品部分或全部替代冰淇淋中的油脂是一种必然趋势。发展前景虽好,但现实中还存在很多问题:① 产品本身问题。一些脂肪替代品异味较大,流动性差,感官特性不理想,脂肪替代率低,甚至是没有经过毒理性试验等;② 市场监管问题。一款合格的脂肪替代品被推向市场之前是否经过相关政府部门的安全性验收,企业是否严格按照相关标准来使用,相关法规也有待进一步健全。脂肪替代品的发展前景很大程度上取决于上述问题的解决,可以说机会与挑战并存,脂肪替代品在冰淇淋中的应用前景将更加广阔。

参考文献

- 1 蔡霄英. 低热量保健冰淇淋的研制[J]. 食品与机械, 2001(2): 27~29.
- 2 梁文强, 侯文举. 大麦脂肪替代品在低脂冰淇淋中的应用[J]. 内蒙古科技与经济, 2013(5): 104~106.

3 曲超. 一种脂肪替代品的制备及其在低脂肉制品中的应用[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2010.

4 鄢渊. 酶解大米制备脂肪替代品及其在烘焙领域中的应用[D]. 无锡: 江南大学, 2008.

5 Inglett G E, Grisamore S B. Maltodextrin fat substute lowers cholestero[J]. Food Technology,1991,45(6):104.

6 周原,丁文平. 糯米淀粉质低脂冰淇淋的品质研究[J]. 食品科技,2011,36(2):79~82,89.

7 Aime D B, Arntfield S D, Malcolmson L J,et al. Textural analysis of fat reduced vanilla ice cream products[J]. Food Research International,2001,34(2~3):237~246.

8 Meyer D, Bayarri S, Tárrega A, et al. Inulin as texture modifier in dairy products[J]. Food Hydrocolloids,2011,25(8):1 881~1 890.

9 Akın M B, Akın M S, Kirmacı Z. Effects of inulin and sugar levels on the viability of yogurt and probiotic bacteria and the physical and sensory characteristics in probiotic ice-cream[J]. Food Chemistry, 2007, 104(1): 93~99.

10 Schmidt K, Lundy A, Reynolds J, et al. Carbohydrate or protein based fat mimicker effects on ice milk properties[J]. Journal of Food Science,1993,58(4):761~763.

11 郭艳莉,肖志刚,王利民,等. 玉米淀粉基脂肪模拟物在冰淇淋中的应用研究[J]. 食品与机械,2012,28(4):32~37.

12 张春红,关彦明,张昭军,等. 变性淀粉作为油脂代用品在冰激凌中的应用[J]. 食品科技,2001(4):49~49.

13 杨玉玲,许时婴. 粳米为基质的脂肪替代品对冰淇淋流变学性质的影响[J]. 食品科技,2005(3):62~65.

14 蔡秋声. 脂肪替代品特性及其开发现状和前景[J]. 粮食与油脂,1998(3):31~38.

15 Tainara de Moraes Crizel, Andre Jablonski, Alessandro de Oliveira Rios,et al. Dietary fiber from orange byproducts as a potential fat replacer[J]. LWT-Food Science and Technology, 2013,53(1):9~14.

16 Alejandra Regand, Douglas Goff H. Structure and ice recrystallization in frozen stabilized ice cream model systems[J]. Food Hydrocolloids,2003,17(1):95~102.

17 Christos Soukoulis, Dimitra Lebesi,Constantina Tzia. Enrichment of ice cream with dietary fibre: Effects on rheological properties,ice crystallisation and glass transition phenomen[J]. Food Chemistry,2009,115(2):665~671.

18 韩浩,梁琰,王凤,等. 微晶纤维素对冰淇淋品质的影响[J]. 食品科技,2011,36(4):48~50,53.

19 王大为,张艳荣,张雁凌. 玉米膳食纤维在冰淇淋中应用的研究[J]. 食品科学,2003,24(4):107~110.

20 Sliva R F. Use of inulin as natural texture modifier[J]. Cereal Foods World,1996,13(4):791~794.

21 Vaikousi H, Biliaderis C G. Processing and formulation effects on rheological behavior of barley β -glucan aqueous dispersions[J]. Food Chemistry,2005,91(3):505~516.

22 宫艳艳. 酵母葡聚糖脂肪替代品的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2011.

23 何强,江波. 菊糖作为脂肪替代品在低脂冰淇淋中对流变性及品质的影响[J]. 食品工业科技,2004,25(6):52~54.

24 董吉林,郑坚强,申瑞玲. 燕麦 β -葡聚糖的黏性及其在冰淇淋中的应用[J]. 食品研究与开发,2007,28(7):193~196.

25 李晓东,马莺,郑冬梅. 大豆低聚糖在冰淇淋中的应用研究[J]. 食品工业科技,2002,23(4):11~13.

26 刘永,周家华. 碳水化合物型脂肪替代品的研究进展[J]. 食品科技, 2002(2): 40~43.

27 Bahramparvar M, Razavi S M A, Mazaheri Tehrani M,et al. Optimization of functional properties of three stabilizers and κ -carrageenan in ice cream and study of their synergism[J]. Journal of Agricultural Science and Technology,2013,15(4):757~769.

28 Patmore J V, Goff H D, Fernandes S. Cryo-gelation of galactomannans in ice cream model systems[J]. Food Hydrocolloids, 2003,17(2):161~169.

29 Bolliger S, Wildmoser H, Goff H D,et al. Relationships between ice cream mix viscoelasticity and ice crystal growth in ice cream[J]. International Dairy Journay,2000,10(11):791~797.

30 Maryam BahramParvar,Mostafa Mazaheri Tehrani,Seyed M A Razavi,et al. Application of simplex-centroid mixture design to optimize stabilizer combinations for ice cream manufacture[J]. Journal of Food Science and Technology,2013,52(3):1~9.

31 Ayse Sibel AkalÄn,Cem Karagözlü,Gülfem Ünal. Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin[J]. European Food Research and Technology,2008,227(3):889~895.

32 Gustavo das Gracias Pereira,Jaime Vilela de Resende,Luiz Ronaldo de Abreu,et al. Influence of the partial substitution of skim milk powder for soy extract on ice cream structure and quality[J]. European Food Research and Technology,2011,232(6):1 093~1 102.

33 Chauhan J M, Lim S Y, Powers J R,et al. Short communication:Low-fat ice cream flavor not modified by high hydrostatic pressure treatment of whey protein concentrate[J]. American Dairy Science Association,2010,93(4):1 452~1 458.

34 Bund R K, Hartel R W. Blends of delactosed permeate and procream in ice cream;Effects on physical, textural and sensory attribute[J]. International Dairy Journal,2013,31(2):132~138.

35 卢蓉蓉,李玉美,许时婴,等. 以乳清蛋白为基质的脂肪替代品对冰淇淋品质的影响[J]. 中国乳品工业, 2007, 35(1): 31~34,58.

36 刘婷婷,李敏,张薇,等. 玉米蛋白油脂模拟替代奶油在冰淇淋中的应用[J]. 食品工业,2013,34(10):117~120.

37 田龙,刘亚伟,王庆林. 淀粉磷酸酯及其在食品工业中的应用[J]. 冷饮与速冻食品工业,2005,11(2):32~34,37.

38 夏清风. 琥珀酸早粳米淀粉酯的制备、性质及其在低脂冰淇淋中的应用[D]. 成都: 四川农业大学, 2006.