

发酵法生产 D-乳酸的研究进展

胡永红, 管 珺, 杨文革, 汤天羽

(南京工业大学制药与生命科学学院, 江苏南京 210009)

摘 要 从发酵菌种、发酵工艺等方面综述了发酵法生产 D-乳酸的国内外研究现状, 着重介绍了代谢工程在发酵产酸方面的应用, 对今后的研究趋势进行了展望。

关键词 D-乳酸, 发酵, 代谢工程

近年来, 手性物质以其特殊的光学结构和广泛的应用受到越来越多的重视, 已慢慢发展成为科学研究的一个新领域。不同的手性物质其制备方法大致相同, 主要分为化学拆分法和微生物发酵法。化学拆分法需要消耗石油、煤炭等逐渐匮乏、日益昂贵的化石资源, 而且对生态环境的破坏及其严重; 相比之下, 微生物发酵法以可再生资源为原料, 成本低廉, 绿色环保, 是一种高效的生物加工模式。

乳酸是自然界最小的手性分子, 全世界近 80% 的厂家采用直接发酵法生产光学纯度乳酸, 主要是 L-乳酸。D-乳酸作为一个手性中心, 是合成多种手性物质的前体, 在医药、农药、化工等方面的应用十分广泛。与 L-乳酸繁荣的研究景象相比, D-乳酸的开发略显单薄。目前世界乳酸的总生产能力为 25 万 t/年, 总产量为 13 万 t/年, 并以每年 6%~8% 递增, 总消费量为 10 万 t/a^[1], 生产 D-乳酸约 1.6 万 t, 而世界上需要发酵法生产的 D-乳酸约 2.6 万 t^[2], D-乳酸的市场前景广阔。本文就近年来 D-乳酸的应用、发酵菌种及发酵工艺的研究进展进行了综述。

1 D-乳酸的应用

1.1 D-乳酸在生物高分子材料领域的应用

聚乳酸是理想的绿色高分子材料。由聚乳酸制成的产品具有很好的生物相容性, 其光泽度、透明性、手感和耐热性俱佳, 且有一定的耐菌性、阻燃性和抗紫外性, 用途十分广泛。可代替硅橡胶、硅油等传统的医用高分子材料制作骨内固定物、细胞培养和医用手术缝合线等医用材料^[3]; 可代聚乙烯、聚丙烯和聚苯乙烯等材料生产新型环保包装材料^[4]; 还可用于纺织行业制成手感好、滑爽性强并富有光泽的内衣^[5]。聚乳酸包括聚 D-乳酸、聚 L-乳酸和聚 DL-乳酸, 3 种

聚合物的立体化学组成不同, 性能也有所不同。由于聚乳酸高分子结构中异构体的含量可调^[6], 因此可以用 3 种聚乳酸的不同比例来调整材料的强度和降解周期等性能, 以适应不同的需求^[7]。

1.2 D-乳酸在农业领域的应用

高光学纯度 D-乳酸(光学纯度 97% 以上)作为一个手性中心, 是多种手性物质的前体, 在农药除草剂方面的实际应用正日益引起人们的重视。日本大赛路(タイセル)化学工业公司 1997 年已拥有每年 10t 光学纯度 97% 以上的 D-乳酸生产能力, 供医药、农药原料。这种高光学纯度 D-乳酸是制造优良除草剂——骠马^[8](Puma Super)的原料。德国赫司特(Hoechst)公司于 1980 年代末开发出另一种以 D-乳酸为原料的新型高效除草剂——威霸^[3](Whip Super), 该除草剂杀草谱广、灵活性强、效果优异, 据了解, 我国已在使用。

1.3 D-乳酸在化学工业领域的应用

以 D-乳酸为原料的乳酸酯类广泛用于香料、合成树脂涂料、胶粘剂及印刷油墨等生产中, 而且可用于石油管道清洗和电子工业清洗等^[9]。其中, D-乳酸甲酯用作医药、农药、溶剂的原料及其他手性化合物的合成前体及中间体^[10]; 乳酸正丙酯是重要的香料及工业溶剂, 广泛用于食品、医药、树脂涂料、胶粘剂、清洗剂等生产中^[9]。1997 年, 德国巴斯夫(BASF)公司以 D-乳酸异丙酯为原料生产 S-2-氯丙酸(纯度 98%), 作为除草剂 DuplosanR 的手性合成原料。

随着研究的深入, D-乳酸用途不断拓宽, 市场需求量也将随之不断增加, 所以寻找工艺简单、成本较低、产率较高的 D-乳酸制备方法将产生巨大的社会效益和经济效益。

2 发酵法生产 D-乳酸的研究进展

目前 D-乳酸的制备方法主要有手性拆分法^[10]、

第一作者: 博士, 教授。

收稿日期: 2007-06-06

酶转化法^[11,12]和直接发酵法,由于手性拆分法和酶转化法存在污染环境、成本昂贵等问题,目前D-乳酸的大规模化生产大多采用发酵法,如美国的PGLA-1、荷兰的普瑞克(PURAC)等。

2.1 发酵菌种

自从日本在1963年^[13]首次专利报道采用*Sporolactobacillus*发酵生产D-乳酸后,*Lactobacillus bulgaricus*^[14]、*Bacillus laevolacticus*^[15]、*Sporolactobacillus inulinus*^[16]等菌株相继被用于D-乳酸的发酵,Kosaki^[16]等利用*Sporolactobacillus inulinus*连续发酵37 h产D-乳酸98 g/L。Demirci和Pometto^[17]报导利用化学诱变剂甲基磺酸乙酯(EMS)对*Lactobacillus delbrueckii* ATCC9649进行诱变,相对于野生型菌株的58 g/L的产量,诱变菌株DP3的产量为77 g/L。

除了乳酸菌外,科学家们也探索了其他D-乳酸生产菌种。有Nakahara Tadaatsu等^[18]筛选的假单胞菌属(*Pseudomonas*)的SP. TB-135菌株,Rajgarhia Vineet等^[19]利用基因工程的方法培养的克鲁维酵母属(*Kluyveromyces*),Hirayama, Shin^[20]从Sakito岛的海水中筛选的一株在厌氧及无光条件下自身发酵淀粉产D-乳酸的微藻类菌株*Nannochlorum* sp. 26A4。由于乳酸菌大都属于厌氧或微耗氧发酵,动力消耗小、产酸量高,更有利于降低成本,因此目前工业上主要还是利用乳酸菌来生产乳酸。

适用于工业生产乳酸的菌种一般有如下要求^[21]:①同型发酵(同型发酵产物中80%以上为乳酸);②营养要求简单;③产酸迅速,生产周期短;④耐高温;⑤乳酸产量高。工业生产D-乳酸常用的菌株及其产酸率比较见表1。

表1 D-乳酸主要生产菌种的生产能力比较^[10]

菌种	芽孢	需氧	乳酸 产率	D- 乳酸 比例/%	底物 转化率 /%
德氏乳杆菌 <i>Lactobacillus delbrueckii</i>	无	兼/专性厌氧	77g/L	90	90
保加利亚乳杆菌 <i>Lactobacillus bulgaricus</i>	无	兼/专性厌氧	40g/L	99	72
左旋乳酸芽孢杆菌 <i>Bacillus laevolacticus</i>	有	厌氧	13g/ (L·h)	90	94
葡萄糖芽孢乳杆菌 <i>Sporolactobacillus inulinus</i>	有	微需氧	98g/L	99	97

2.2 发酵工艺

为提高乳酸产率,近年来人们围绕乳酸生产的各

个单元操作过程开发了许多新技术。如采用半间歇或连续操作提高生产率;采用固定化技术或高密度培养技术增大细胞浓度从而提高生产率;采用发酵分离耦合技术提高原料的利用率等。目前文献报道细菌乳酸发酵的较高水平有天津大学白冬梅等^[22]分别采用分批发酵和流加发酵进行试验,分批发酵周期174 h,L-乳酸产量达到217 g/L,流加发酵周期96 h,L-乳酸产量达到210 g/L;山东大学赵博等^[23]采用乳杆菌分批发酵并以CaCO₃作为发酵过程的pH调节剂,2 L罐发酵120 h,发酵液中L-乳酸产量达202 g/L。然而目前D-乳酸的发酵水平远远达不到L-乳酸的发酵水平。

2.2.1 同步糖化法(SSF)

国外文献报道得较多的是采用同步糖化法(SSF)发酵生产D-乳酸。SSF法先把淀粉进行干热,接着用 α -淀粉酶、糖化酶及乳酸菌三者混合在一起同时液化、糖化和发酵^[24],此法既克服了糖化酶的产物抑制,又避免了初糖浓度过高造成发酵初期的底物抑制,同时还减少了工艺时间、设备、投资和运行成本。2003年Remedios等^[25]研究采用*Lactobacillus coryniformis* subsp. *torquens*作用于纤维素进行D-乳酸的SSF发酵,在39℃,pH 5.4的条件下产量达到了0.89 g D-乳酸/g纤维素,体积生成速率达到了0.5 g/(L·h),而且发酵液中没有L-乳酸的存在;2005年Remedios Yañez等人^[26]再次利用此菌作用于纤维素和半纤维素发酵生产D-乳酸,并采用SSF工艺,每1 kg葡萄糖产生了514 g乳酸,其中D-乳酸产量达23.4 g/dm³,而体积生成速率为0.48 g/(L·h);2006年Takaaki Tanaka等人^[27]以*L. delbrueckii* IFO 3202为出发菌株,米糠为原料通过SSF工艺发酵生产D-乳酸,pH6.0~6.8时产外消旋乳酸,随后控制体系pH5.0,36 h后在37℃100 g/L的米糠产D-乳酸28 g/L,其中D-乳酸的光学纯度为95%。

2.2.2 原位分离技术(ISPR)

乳酸发酵过程中,不断生成的乳酸使发酵液pH值逐渐降低,对菌体生长和乳酸形成产生抑制作用,成为整个发酵过程的瓶颈。原位分离技术(In Situ Product Removal,简称ISPR)^[28]在乳酸发酵中的应用引起了世界范围内的广泛关注,它是一种将生产细胞的代谢产物快速移去的方法。近年来将ISPR和发酵有机耦合,发酵时通过从培养介质中及时移走乳酸,控制pH值,减少产物抑制,从而提高原料的利用

率和产品产率,对于连续过程的实现具有重要意义。主要有溶剂萃取发酵法(油酸、叔胺等为萃取剂)、吸附法(离子交换树脂、活性炭、高分子树脂等)、膜法发酵(渗析、电渗析、中空纤维超滤膜、反渗透膜等)等。当前用得最多的是有机溶剂萃取法和电渗析法,但是有机溶剂萃取法不仅费用高而且毒性大,在发展绿色生态技术的呼声中定会被淘汰。电渗析分离技术在其他发酵产品如氨基酸、柠檬酸中早有应用,但在乳酸的发酵中应用不多,Danner等(2002)^[29]设计了超滤膜生物反应器(MBR)耦联—单极电渗析箱(ED),构成MBR-ED单元操作系统,对从堆肥中筛选能利用己糖和戊糖的嗜热脂肪芽孢杆菌BS119进行连续发酵生产乳酸的研究,L-乳酸产量为115 g/L。通过发酵与耦合工艺,产物的生产速率和得率均有所提高。

2.2.3 代谢工程

总结前人有关发酵合成D-乳酸的研究工作,发现他们绝大部分工作集中于菌种筛选、发酵条件优化以及发酵工艺改进等方面,由于认识和研究手段的局限性,未能取得实质性的进展和突破。20世纪90年代,代谢工程的出现掀起了科学家对微生物代谢机理的研究高潮,为发酵法合成D-乳酸指明了前进的方向。代谢工程实质上是在对细胞内代谢途径网络系统分析的基础上进行定向的有目的地改变,目的是更好地理解 and 利用细胞代谢进行化学转化、能量传导和超分子组装,它与现代基因工程等技术的联合应用已成为研究和控制微生物生长代谢的一个必不可少的手段。Zhou^[30]等利用*E. coli* W3110菌株(SZ40, SZ58, and SZ63)发酵产生D-乳酸,通过染色体失活基因编码富马酸还原酶、乙醇/乙醛脱氢酶和丙酮酸甲酯酶来消除竞争途径,这些菌株产生的D-乳酸达到了理论最大值:一单位葡萄糖产生2单位乳酸盐,乳酸盐的最终产量为110.76 g/L,然而,其发酵周期为192 h(8 d)。Shukla^[31]等利用蔗糖和糖蜜为原料发酵生产D-乳酸,采用*E. coli* W3110的衍生菌株SZ63和SZ85作为菌种,同时对*E. coli* KO11进行蔗糖基因(*cscR_cscA_cscKB*)的克隆表达以扩大底物的利用范围,最终以SZ63(pLOI3501)为菌种进行发酵,D-乳酸的产量为45 g/L。

由于生产上一般采用乳酸菌来发酵生产D-乳酸,因此有必要对乳酸菌的合成途径进行代谢流分析、计算及有针对性的改造,阻断乳酸菌代谢过程中杂酸途径,实现D-乳酸生成与菌体生长之间的平衡,

构建出能够旺盛生长快速代谢的工程菌,满足产业化需求。

不同的乳酸菌菌种有不同的代谢机理,产高光学纯度D-乳酸的菌株大都是同型发酵菌,其糖代谢能通过多种途径产生除乳酸外的末端产物(如图1)。

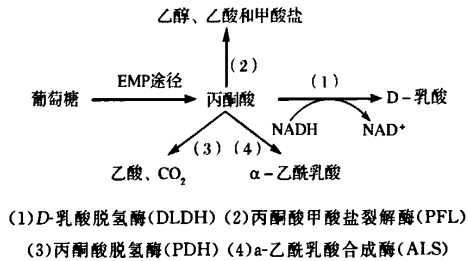


图1 D-乳酸糖代谢途径

研究发现,在无氧条件下当碳水化合物有限时,PFL被激活,丙酮酸分解成甲酸盐和乙酰辅酶A,能形成乙醇、乙酸和甲酸盐。如果环境是有氧的,PFL失活,丙酮酸被PDH脱羧而形成乙酸和CO₂,最后过量的丙酮酸能通过ALS转向生成α-AL^[32]。

通过上述D-乳酸发酵机理及代谢流的分析,要提高D-乳酸产率,关键是切断杂酸途径,使丙酮酸全部向乳酸转化。首先必须保持严格的厌氧环境:一方面尽量使胞内的丙酮酸浓度不超过乳酸的生成率,同时抑制NADH氧化酶的活性,以保证有足够的NADH还原丙酮酸为乳酸;另一方面抑制PDH和ALS的活性,从而切断丙酮酸向乙酸、CO₂和α-乙酰乳酸转化这2条支路。其次在厌氧环境下必须保证有足够的发酵底物,使PFL不被激活,切断丙酮酸向乙醇、乙酸和甲酸盐转化这条途径,同时还要提高DLDH的活性,使丙酮酸向乳酸转化。由于许多微生物体内存在乳酸消旋酶,能将D-乳酸消旋成DL-乳酸,因此在发酵过程中也要注意对此酶进行调控。

3 研究展望

综上所述,近年来国内外通过SSF法、代谢工程法发酵生产D-乳酸已取得一定的进展,但仍有诸多难点尚未解决。目前国内只有丁子建等^[10]2004年首次报道采用芽孢杆菌(*Sporolactobacillus* sp.)从葡萄糖微氧发酵72 h,D-乳酸产量为40.7 g/L,且处于实验室摇瓶培养阶段。在生产方面,国内外差距甚大。据报道,国外仅有2~3家D-乳酸生产企业^[10],而我国目前仅有江西武藏野生物化工有限公司(中日合资)和吴江慈云香料香精有限公司生产D-乳酸。由于D-乳酸的研究开发滞后,国外仅有的少数几家

企业对其进行垄断,同等级的 *D*-乳酸价格比 *L*-乳酸高 5~10 倍。因此,积极开展 *D*-乳酸的发酵研究迫在眉睫。只有将分子生物学、代谢工程等现代生物技术手段相结合,构建出高产菌株,同时继续开发高效率的乳酸发酵分离提取工艺,才能提高产量、降低成本。

本课题组经过几年研究,对拥有自主知识产权的菌种进行代谢流分析,发现交替的发酵产物是由于过量丙酮酸积累和细胞需要维持平衡的 NADH/NAD⁺ 比例而形成^[32]。当胞内的丙酮酸浓度超过乳酸的生成率时,必须补充其他途径除去丙酮酸,并且提供 NADH 氧化的方法,且 NAD⁺ 和 NADH 的比例直接受 NADH 氧化酶活性的影响,NADH 氧化酶的活性变化是代谢流向变化最明显的条件。为此,我们采取一定手段切断杂酸途径,利用高密度培养与多阶段发酵工艺,同时开发出发酵分离耦合技术和实时再现发酵过程的系统,这种新型发酵工艺使得发酵液中 *D*-乳酸产量超过 130 g/L,已申请专利,可望在近期实现工业化生产,打破国外公司在我国 *D*-乳酸行业的垄断局面。

参 考 文 献

- 崔小明. 乳酸的生产应用及市场前景[J]. 四川化工与腐蚀控制, 2002, 5(2): 37~41
- 吕九琢, 徐亚贤. 乳酸应用、生产及需求的现状与预测[J]. 北京石油化工学院学报, 2004, 12(2): 32~36
- 金其荣, 金丰秋. 乳酸衍生物发展新动向[J]. 山西食品工业, 2002, (3): 2~5
- 王晨宏, 李 弘, 王玉琴. 聚乳酸类生物降解性高分子材料研究进展[J]. 离子交换与吸附, 2001, 17(4): 369~378
- 王正岩, 郝章来. 聚乳酸的生产和应用及市场前景[J]. 化工新型材料, 2003, 31(7): 40~43
- 季 平, 徐银宝, 江志荣. 聚乳酸的性能及开发现状[J]. 合成技术及应用, 2003, 18(1): 31~34
- 闰有旺. 环境友好材料聚乳酸[J]. 化学教学, 2004(12): 37~40
- 张高华, 吴晓芳. 用手性液柱谱法拆分及驷马农药旋光对映体含量的测定[J]. 现代商检科技, 1998, 8(1): 20~25
- 陈丹云, 王敬平, 柏 艳. 乳酸酯及其衍生物的合成研究进展[J]. 化工进展, 2002, 21(4): 243~246
- 丁子建. 芽孢杆菌发酵葡萄糖制备 *D*(-)-乳酸的研究[D]. 南京: 南京工业大学, 2004
- 王宏伟, 郭绍华, 冯 靓. *L*-乳酸发酵的研究进展[J]. 辽宁农业科学, 2004, (4): 28~30
- Ssieh Chun Lung, Houng Jer Yieing. Process for preparation of *D*-lactic acid from *D*, *L*-lactic acid ester using wheat germ or pancreatic lipase[P]. US5605833. 1997-02-25
- Kyowa Hakko Kogyo K K. Method for producing *D*(-)-lactic acid[P]. GB,1030740. 1966-05-25
- Benthin S, Villadsen J. Production of optically pure *D*-lactate by *Lactobacillus bulgaricus* and purification by crystallization and liquid/liquid extraction[J]. Appl Microbiol Biotechnol, 1995, 42: 826~829
- De Boer, Jan P. *D*(-)-lactic acid production by suspender and aggregated continuous cultures of *Bacillus laevolacticus*[J]. Appl Microbiol Biotechnol, 1990, 34(2): 149~153
- Michio Kosaki, Kawai Kimitoshi. Production of high optical purity *D*-lactic acid[P]. US5466588, 1995-11-14
- Demirci Ali, Pometto, A L. III Enhanced Production of *D*(-)-lactic acid by mutants of *Lactobacillus delbrueckii* ATCC9649[J]. J Ind Microbiol, 1992, (11): 23~28
- Nakahara Tadaatsu, Terasawa Masato, Yugawa Hideaki. Production of *D*-Lactic acid and genus *Pseudomonas bacterium*[P]. JP,4271787. 1992-09-28
- Rajgarhia Vineet, Asleson Catherine. Methods and materials for the production of *D*-lactic acid in yeast[P]. WO03102201. 2003-12-11
- Hirayama Shin. Production of optically pure *D*-lactic acid by *Nannochlorum* sp. 26A4[J]. Applied Biochemistry and Biotechnology, 2004, 119(1): 71~77
- 杨洁彬, 凌代文, 郭兴华, 等. 乳酸菌-生物学基础及应用[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1999. 203~204
- Bai D M, Wei Q, Yan Z H. Fed-Batch fermentation of *Lactobacillus lactis* for hyper-production of *L*-lactic acid[J]. Biotechnol Lett, 2003, 25: 1833~1835
- 赵 博, 周 帅, 马翠卿, 等. 乳杆菌 *Lactobacillus* sp. 1xp 发酵高产 *L*-乳酸研究[J]. 生物加工过程, 2005, 3(4): 74~77
- 钱志良, 劳含章, 王 健, 等. 工业乳酸发酵的近期进展[J]. 生物加工过程, 2003, 1(1): 23~26
- R Yáñez, A Belén Moldes, JL Alonso, et al. Production of *D*(-)-lactic acid from cellulose by simultaneous saccharification and fermentation using *Lactobacillus coryniformis* subs. *Torquens*[J]. Biotechnology Letters, 2003, 25(14): 1161~1164
- Yáñez R, Alonso J L, Parajo J C. *D*-Lactic acid production from waste cardboard[J]. Journal of Chemical Technology and Biotechnology. 2005, 80(1): 76~84
- Takaaki Tanaka, Masahiro Hoshina, Tanabe, et al. Production of *D*-lactic acid from defatted rice bran by simultaneous saccharification and fermentation. Bioresource Technology, 2006(97): 211~217

- 28 汤凤霞, 乔长晟, 张海红. 原位分离技术在 L-乳酸发酵中的应用[J]. 宁夏农学院学报, 2001, 22(2): 70~72
- 29 Danner H, Madzingaidzo L, Thomasser C, et al. Thermophilic production of lactic acid using integrated membrane bioreactor systems coupled with monopolar electrodialysis[J]. Appl Microbiol Biotechnol, 2002, (59): 160~169
- 30 Shengde Zhou, Causey T B, Hasona A, et al. Production of optically pure D-lactic acid in mineral salts medium by metabolically engineered *Escherichia coli* W3110, Applied and Environmental Microbiology, 2003, 69(1): 399~407
- 31 Shukla V B. Production of D(-)-lactate from sucrose and molasses[J]. Biotechnology Letters, 2004, 26(9): 689~693
- 32 杨丽杰, 王俊沪. 乳酸乳球菌中双乙酰代谢支路的调控. 乳品工业, 2004, 32(5): 24~29

Progress in Fermentation of D-lactic Acid

Hu Yonghong, Guan Jun, Yang Wenge, Tang Tianyu

(College of Life Science and Pharmacy, Nanjing University of Technology, Nanjing 210009, China)

ABSTRACT D-lactic acid is considered to be an important organic acid which is widely used in polymer material, agriculture and chemical industry. The current progress in fermentation of D-lactic acid was reviewed. The bacterium and technology were introduced. The technology of metabolic engineering used in fermentation was introduced especially. The metabolic mechanism and flux distribution in D-lactic acid bacterium were analyzed and further application outlook was put forward.

Key words D-lactic acid, fermentation, metabolic engineering

市场动态

君利苏打水培育国内市场

提起苏打水,大家都不会陌生。它除了含有碳酸氢钠元素外,还含有多种对人体有益的微量元素成分,是健康的时尚饮品之一。但目前,国内市场上比较知名的苏打水品牌屈指可数,整体市场还属于开发、培育阶段,可开发的市场空间很大。河南君利酒业就敏锐地发现了这个商机。

苏打水目前在国外非常流行,已经成为了大众型的健康饮料,但在国内,苏打水仍然处于非主流地位。其原因主要有两点:一方面,是苏打水行业缺乏市场培育和消费教育,让消费者无法理解苏打水的特殊产品属性,无法产生购买冲动,当然也无法吸引强势企业进入行业;另一方面,苏打水本身的口感偏涩偏麻,使得不少消费者难以接受其口感,无法形成购买欲望。

首先,苏打水是碳酸氢钠元素的水溶液,呈弱碱性,适当饮用苏打水可平衡人体内的酸碱度,改变酸性体质;其次,苏打水含有钙、镁等微量元素,能较好地中和胃酸、止体渴,具有相当高的保健价值,非常符合当前“健康养生”的消费趋势。因此,强化产品自有属性,以此作为卖点,正是君利解决市场培育的关键。

此外,近年来逐渐走热的洋酒市场也为苏打水行业带来了新的商机。在夜场里,洋酒搭配苏打水的饮法屡见不鲜。

政策法规

食品标签说明包装不得涉及疾病治疗功能

2007年12月26日首次提请全国人大常委会审议的食品安全法草案规定,食品和食品添加剂的标签、说明书、包装不得涉及疾病预防、治疗、诊断功能。

同时,草案规定,食品和食品添加剂的标签、说明书、包装不得含有虚假、夸大的内容。食品和食品添加剂的标签、说明书应当清楚,容易辨识。食品生产者对标签、说明书、包装上的声称承担法律责任。

根据草案规定,预包装食品包装上应当有标签,标签应当标明生产日期、保质期、净含量、保存条件、所使用的食品添加剂等事项。专供幼儿的主辅食品,其标签还应当标明主要营养成分及其含量。

此外,草案也明确规定,食品广告的内容应当真实,不得含有虚假、夸大的内容,不得涉及疾病预防、治疗、诊断功能。