

加工条件对油条中丙烯酰胺含量的影响

丁晓雯, 赵丹霞, 侯大军

(西南大学食品科学学院食品科学系, 重庆, 400716)

摘 要 油条在油炸温度 160~200℃、油炸时间 3~5min 时, 油条可取得最佳感官特征, 同时也是丙烯酰胺产生最多的时段。以菜籽油、大豆油、花生油、玉米油作油炸用油, 硫酸铝钾作膨松剂, 油条中丙烯酰胺的最高含量不超过 150 $\mu\text{g}/\text{kg}$; 而用棕榈油时, 丙烯酰胺的最高含量约为 250 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。用 0.3% 的酵母粉作发酵剂, 用棕榈油、花生油炸制的油条中丙烯酰胺最高含量分别达到 1 589.41 和 953.60 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 是用硫酸铝钾作膨松剂的油条中丙烯酰胺含量的 6.29 倍和 8.13 倍。用泡打粉作膨松剂制得的油条, 丙烯酰胺含量明显下降, 平均约为 50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。以果葡糖浆作甜味剂的油条中丙烯酰胺含量较蔗糖作甜味剂的油条平均增加约 10%。因此, 油炸温度 160~200℃、油炸时间 3~5 min, 以棕榈油作油炸用油, 酵母作发酵剂, 果葡糖浆作甜味剂可大大增加油炸面制品中丙烯酰胺含量。

关键词 油条, 丙烯酰胺, 控制

自 2002 年瑞典科学家发现在某些高温油炸食品中含有较高的丙烯酰胺(AM)后^[1], 丙烯酰胺就成为世界各国食品安全关注的热点。

人体可通过消化道、呼吸道、皮肤粘膜等多种途径吸收丙烯酰胺, 其中经消化道吸收最快^[2]。饮用水中的丙烯酰胺是人体接触的重要途径, WHO 将水中丙烯酰胺的含量限定为不超过 0.5 $\mu\text{g}/\text{L}$ ^[3]。而这个值远远低于已检出的高温油炸食品中丙烯酰胺的含量, 因此认为食物中的丙烯酰胺为人类的主要来源。研究发现, 长期职业接触丙烯酰胺的工人主要表现为四肢麻木、乏力、手足多汗、头痛头晕等^[4], 表明丙烯酰胺具有神经毒性。目前还没有充足的人群流行病学调查证据表明通过食物摄入丙烯酰胺与人类某种肿瘤的发生有明显相关性。但研究食品中丙烯酰胺可能的产生途径、影响因素, 为控制措施的制定奠定基础具有重要意义。

面食在我国居民膳食中占很大比重, 而油炸面食又占了一定比例, 以中国的传统早餐食品油条为代表, 研究油炸发酵面食加工过程中可能影响丙烯酰胺生成量的因素, 将为油炸发酵面食中丙烯酰胺控制方法的提出, 降低食品中丙烯酰胺的含量具有指导生产和生活的重要意义。

1 材料与方法

1.1 实验材料与试剂

小麦面粉, 市购。

第一作者: 博士, 教授。

收稿日期: 2008-08-01

丙烯酰胺(AR), 北京化学试剂公司; 泡打粉(主要由磷酸二氢钙和碳酸氢钠组成, 食品级), 重庆益民化工厂; 酵母粉, 安琪酵母股份有限公司; 甲醇(色谱级), 天津四友化学试剂公司。

其余试剂均为分析纯。

1.2 实验方法

1.2.1 油条的制作

按参考文献[5]的方法进行。用硫酸铝钾作膨松剂, 用碳酸氢钠中和产生的酸, 调节风味, 制得油条面坯后放入加热的油中炸至色泽金黄酥脆即可。

在不加特别说明时, 都是用硫酸铝钾作膨松剂。

1.2.2 油条中丙烯酰胺的提取分离

按参考文献[6]的方法进行。准确称取样品 2.00 g, 加纯净水 20 mL, 搅拌 30 min 后于 4 000 r/min 离心 10 min。取上清液, 加入硫酸铵 15 g, 搅拌 10 min, 于 4 000 r/min 离心 10 min, 取上清液 10 g 用于层析分离备用。

层析柱的构成: 依次为玻璃棉, 无水硫酸钠 10 g、硅藻土 2 g。上述上清液加 5 g 硅藻土搅拌均匀后, 装入层析柱中, 用正己烷 60 mL 淋洗(流速 2 mL/min), 弃去流出液; 用 80 mL 乙酸乙酯洗脱(流速 2 mL/min), 收集洗脱液, 蒸发尽干(上海亚荣生化仪器厂生产的旋转蒸发器 RE52CS-1 型, 水浴温度 45℃)。用乙酸乙酯洗涤蒸发瓶 3 次(每次 1 mL), 将得到的样品浓缩液转移至已加入 1 mL 纯净水的试管中, 振荡 20 s。吹去上层有机相后, 加入 1 mL 正己烷, 振荡 10 s, 于 3 500 r/min 离心 5 min, 取下层水相过 0.45 μm 水相滤膜, 上 HPLC 仪测定。

1.2.3 油条中丙烯酰胺含量的测定

HPLC 法。色谱条件:日本岛津公司 LC-10A 型 HPLC 仪;色谱柱: C_{18} 柱 (5 μm 粒径, 250×4.6 mm);流动相为 10% 甲醇、0.1% 甲酸和 90% 超纯水;流速 0.4 mL/min;柱温 25℃;进样体积 25 μL ;检测器 Shimadzu SPD-10A UV;检测波长 210 nm。

经实验获得丙烯酰胺含量测定的标准回归曲线:
 $y = 29348x$ 。

式中, y , 峰面积; x , 丙烯酰胺浓度, $\mu\text{g/mL}$ 。

$r = 0.9926$, $\text{RSD} = 1.62\%$, 回收率: $100\% \sim 105\%$ 。

所有实验和测定均重复 3 次以上, 所得数据用 excel(2003 版)进行处理。

2 结果与讨论

2.1 油炸温度对油条中丙烯酰胺含量的影响

以菜籽油作油炸用油, 硫酸铝钾作膨松剂, 制得的油条感官特征如表 1 所示:

表 1 不同油温及油炸时间制得的油条感官特征

油炸温度/℃	油炸时间/min	感官特征
120	6.5	色泽浅黄, 内部结构不疏松
140	5.5	色泽金黄, 内部结构略疏松
160	4.5	色泽金黄, 内部结构较疏松
170	3.5	色泽金黄, 内部结构疏松
180	3.0	色泽金黄, 内部结构疏松
190	2.5	色泽金黄, 内部结构疏松
200	1.5	色泽焦黄, 内部结构疏松
220	1.0	色泽焦黄, 内部结构疏松

由表 1 可知, 只有当油炸温度在 $140 \sim 190^\circ\text{C}$, 油条才有较好的感官特征。结合实际油条加工的条件, 在以下的研究中, 油炸的温度和时间控制在 $160 \sim 200^\circ\text{C}$ 、 $3 \sim 5$ min 的范围。

以菜籽油为油炸用油, 硫酸铝钾作膨松剂, 油炸温度和时间按表 1 进行, 所制得的油条中丙烯酰胺含量变化如图 1 所示。

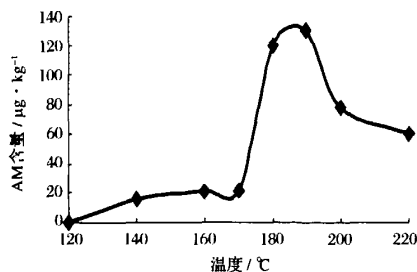


图 1 油温及油炸时间对油条中丙烯酰胺含量的影响

由图 1 可知, 当油炸温度 $> 120^\circ\text{C}$ 后, 丙烯酰胺开始产生, 并随油温的升高呈上升趋势, 当油炸温度 $> 190^\circ\text{C}$ 后, 随油温的升高油条中丙烯酰胺的产生呈下降趋势。结合表 1 可知, 油条取得最佳感官特征的油炸条件, 也是丙烯酰胺产生最多的时段。要想控制油条中丙烯酰胺的含量, 可能的途径: (1) 探讨油条原料面团发酵条件的改变, (2) 是油炸用油的选择, (3) 是在油条原料面团中添加一些物料。本文将只讨论 (1)、(2) 途径对油条中丙烯酰胺含量的影响。

2.2 油炸时间对油条中丙烯酰胺含量的影响

以菜籽油为油炸用油, 用硫酸铝钾作膨松剂, 油炸温度为 $(180 \pm 2)^\circ\text{C}$, 油炸时间分别为 150、180、210、240、270、300、330 s, 取制得的油条测定其中丙烯酰胺含量, 实验结果如图 2 所示。

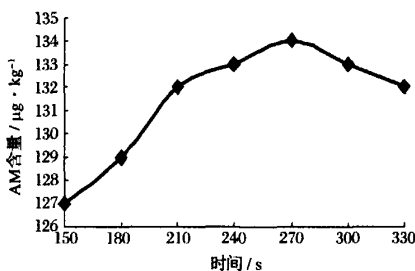


图 2 油炸时间对样品中丙烯酰胺含量的影响

由图 2 可知, 当油炸温度控制在 180°C 时, 油炸时间在 $150 \sim 330$ s 范围内, 随着油炸时间的增长, 丙烯酰胺的含量也呈缓慢上升趋势, 但上升幅度较小。当油炸时间达到 270 s 时, 油条中丙烯酰胺含量达到最高, 为 $134.15 \mu\text{g/kg}$, 与油炸至 150 s 时相比, 丙烯酰胺含量增加了 4.80%。表明在保证良好感官特征的前提下, 油炸时间对丙烯酰胺的增加影响不大。

2.3 油炸用油的种类对油条中丙烯酰胺含量的影响

分别以菜籽油、花生油、大豆油、玉米油和棕榈油为油炸用油。前 4 种油在我国居民日常生活中使用较为广泛, 而棕榈油有良好的煎炸寿命, 在食品工业中得到广泛使用^[7]。

根据 2.1 和 2.2 的实验结果, 并考虑油温与油炸时间对油条感官性状的影响, 选定以下条件研究不同油炸用油对油条中丙烯酰胺产生量的影响, 实验条件的选择见表 2, 实验结果如图 3 所示。

表 2 油炸温度及时间的选定

油炸温度/℃	160	170	180	190	200	220
油炸时间/min	4.5	3.5	3.0	2.5	1.5	1.0

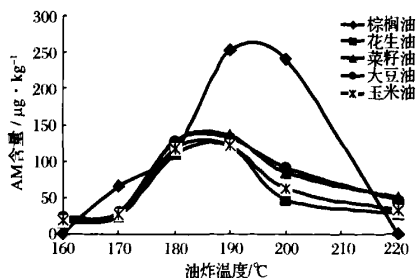


图3 不同种类的油对油条中丙烯酰胺含量的影响

由图3可知,以菜籽油、大豆油、花生油、玉米油炸油炸用油时,油条中丙烯酰胺的含量变化趋势相似,在180~190℃时达到最高,所产生的丙烯酰胺量不超过150 μg/kg;但当油炸用油为棕榈油时,丙烯酰胺的含量在190~200℃时达到最高,约为250 μg/kg,是其他4种油炸用油所产生丙烯酰胺最高含量的1.94倍。根据研究结果,建议在油炸面制品生产过程中应尽可能减少棕榈油的使用量。

2.4 不同膨松剂对油条中丙烯酰胺含量的影响

硫酸铝钾是一种化学膨松剂;酵母对面粉有发酵作用,也可以得到的膨胀松软的面团;泡打粉的主要成分是碳酸氢钠、磷酸二氢钙、香兰素、甜味素等,也具有膨松作用。

2.4.1 酵母发酵对油条中丙烯酰胺含量的影响

用0.3%的酵母粉作发酵剂,室温(22℃)发酵面团4h后,分别以花生油、棕榈油为油炸用油制得油条,测定其中丙烯酰胺含量,实验结果如图4所示。

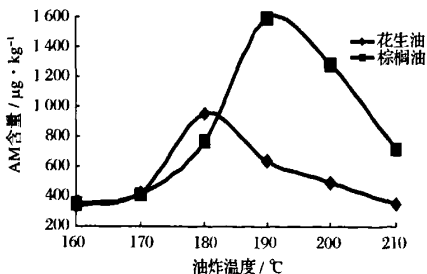


图4 酵母发酵面团对油条中丙烯酰胺含量的影响

图4地表明,用0.3%的酵母粉代替硫酸铝钾,无论是棕榈油还是花生油炸制的油条中丙烯酰胺含量都增加了数倍,最高含量分别达到了1589.41 μg/kg和953.60 μg/kg,是用硫酸铝钾作膨松剂制作的油条中丙烯酰胺含量的6.29倍和8.13倍,说明酵母发酵制作油炸面食品,可能有利于丙烯酰胺的大量产生。

在面团中同时添加0.3%的酵母粉和硫酸铝钾

作膨松剂,在室温(22℃)发酵面团4h后,分别用棕榈油和花生油炸油炸用油制作油条,测定其中丙烯酰胺含量,实验结果如图5所示:

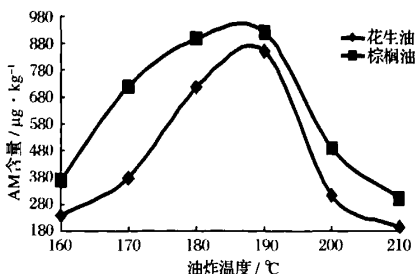


图5 酵母发酵面团对油条中丙烯酰胺含量的影响

由图5可知,同时以酵母粉和硫酸铝钾作膨松剂,棕榈油和花生油炸制的油条中丙烯酰胺的最高含量分别是916.14 μg/kg和845.48 μg/kg,是以只用硫酸铝钾作膨松剂的3.62倍和7.21倍,但比只用酵母粉作发酵剂时产生的丙烯酰胺分别减少了42.33%、11.34%。

上述研究表明,利用酵母发酵面团制作油条,可使其中丙烯酰胺的含量成倍增加。这可能是因为酵母在发酵时分泌转化酶和麦芽糖酶,使面团中的多糖或双糖转化为单糖,增加了油条中产生丙烯酰胺的前体物质的含量,使油条中丙烯酰胺含量大大增加。但其机理有待进一步研究。建议在制作油炸发酵面食品时以化学发酵剂制得的产品丙烯酰胺含量低,安全性相对较高。

2.4.2 泡打粉对油条中丙烯酰胺含量的影响

用泡打粉代替硫酸铝钾作膨松剂,油炸用油为菜籽油,油温为180℃制作油条,测定其中丙烯酰胺含量,实验结果如图6所示。

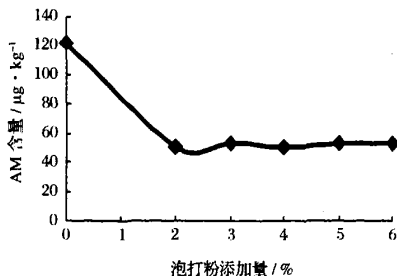


图6 泡打粉发酵面团对油条中丙烯酰胺含量的影响

由图6可知,分别添加2%、3%、4%、5%、6%的泡打粉作膨松剂制得的油条,丙烯酰胺含量平均约为50 μg/kg。油条样本中丙烯酰胺含量与用硫酸铝钾作膨松剂时比较,丙烯酰胺含量降低率分别为

63.41%、57.07%、58.84%、56.96%、57.03%。为了有效减少油炸发酵面制品中丙烯酰胺含量,建议在油炸面制品生产时,不用或少用酵母作发酵剂而改用泡打粉作膨松剂。

2.5 不同的糖对油条中丙烯酰胺含量的影响

蔗糖是我国传统油炸面食中经常添加的一种辅料,果葡糖浆是由葡萄糖和果糖组成的混合糖浆,在常温下的流动性好,使用方便,而且与蔗糖相比更具醇厚风味,在饮料生产中广泛使用,在焙烤食品加工中可获得美观的焦黄色表层和焦糖风味,可以部分甚至全部取代蔗糖^[8]。

在面团中分别加入1%~5%的果葡糖浆和蔗糖,采用硫酸铝钾作膨松剂,油炸用油为菜籽油,油温180℃制作油条,其中丙烯酰胺含量如图所示。

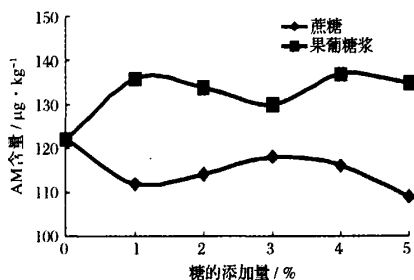


图7 添加果葡糖浆和蔗糖后对样品中丙烯酰胺含量的影响

由图7可知,添加果葡糖浆作甜味剂制得的油条样品中丙烯酰胺含量明显高于以蔗糖作甜味剂的油条样本。当果葡糖浆的添加量分别为1%、2%、3%、4%、5%时,所得油条样本中丙烯酰胺含量的增加率分别为10.36%、11.06%、9.74%、12.66%、

10.85%,平均增加约10%。统计分析表明,添加果葡糖浆制得样品中丙烯酰胺含量与未添加甜味剂的相比有显著性差异($P<0.05$)。建议在油炸面食品加工过程中以蔗糖作甜味剂。

综合上述研究结果可知,油炸面食品的油炸温度在160~200℃、油炸时间3~5min时,产生的丙烯酰胺最多;在油炸面制品时尽量不用棕榈油作油炸用油可有效降低其中丙烯酰胺含量;不用酵母作发酵剂而改用泡打粉作膨松剂,可大大减少油炸面制品中丙烯酰胺含量,同时避免了对人体健康有不利影响的铝元素,可有效提高产品的安全性;以蔗糖作甜味剂对减少油炸面制品中丙烯酰胺含量也有一定作用。

参 考 文 献

- 1 食品中丙烯酰胺的危险性评估报告. 中华人民共和国卫生部公告. 2005年第4号
- 2 IARC. International agency for research on cancer. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans. some industrial chemicals. acrylamide. Lyon, France; IARC, 1994, 60: 389~433
- 3 WHO. Guidelines for drinking water quality. Second. Geneva, 1993
- 4 廉保全, 胡沛, 石淑霞. 丙烯酰胺职业危害调查[J]. 华北煤炭医学院学报, 2002, 2(5): 502~503
- 5 林小岗. 面点工艺[M]. 北京: 中国轻工业出版社[J], 2000, 212
- 6 张 珙, 张 琦, 栾 燕, 等. HPLC-MS/MS测定油炸及高温烘烤食品中的丙烯酰胺[J]. 中国食品卫生杂志, 2006, 18(1): 5~9
- 7 常桂芳. 棕榈油及其相关油脂在食品工业中的应用[J]. 冷饮与速冻食品工业, 2002, 8(3): 20~22
- 8 杨海军. 果葡糖浆的特性及其在食品工业中的应用[J]. 冷饮与速冻食品工业, 2002, 8(3): 39~41

Different Processing Effect on Acrylamide Content Fried Bread Stick

Ding Xiaowen Zhao Danxia Hou Dajun

(Food Science Department, College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400716, China)

ABSTRACT Aim: To provide the foundation for studying the control of Acrylamide content in the fried flour products. Method: HPLC. Results: the content of Acrylamide got to the maximum when the bread stick was fried at 160~200℃, 3~5min. Acrylamide was no more than 150? g/kg when fried with vegetable oil, soy bean oil, peanut oil, corn oil, and aluminium potassium sulfate as a shortening; But it reached to 250? g/kg if palm oil was used. The content of Acrylamide was as high as 1589.41? g/kg and 953.60? g/kg, when the fried with was palm oil and peanut oil and 0.3% yeast powder. Acrylamide was 6.29 times and 8.13 times as high as using aluminium potassium sulfate. The content of Acrylamide decreased obviously when using baking powder. Acrylamide was 10% more if using fructose and glucose syrup as sweeter instead of sugar. Conclusion: The content of Acrylamide in the fried bread stick increased when used yeast powder, palm oil, sweeter like fructose and glucose syrup, fried at 160~200℃, 3~5min.

Key words fried bread stick, acrylamide, control