

微波加热过程中油脂升温特性的研究

齐力娜, 陆青青, 程裕东*, 金银哲*
(上海海洋大学食品学院, 上海 201306)

摘要:利用微波工作站实时测定微波加热时油脂升温情况以及不同冻藏时间的油脂经微波复热时的温度变化情况,考察了微波复热过程中油脂的种类和冻藏条件对油脂温度变化的影响。结果表明,大豆油、葵花籽油、花生油等6种植物油微波升温特性有差别:葵花籽油因不饱和脂肪酸含量较高,升温较快;花生油的不饱和脂肪酸含量较低,升温较慢。置于-20℃冻藏1d后,6种油脂微波复热曲线均会呈现S型,而且凝固点高的花生油复热最慢,到达0℃所需时间最长。将大豆油分别置于-20℃和-30℃连续冻藏一个月,冻藏温度越低对油脂微波复热温度变化影响越小,复热曲线越稳定;在同一冻藏温度下,冻藏时间越长对油脂复热影响越小。

关键词:油脂,微波加热,不饱和脂肪酸,冻藏,升温特性

Study on the temperature-raising characteristics of oil during microwave heating

QI Li-na, LU Qing-qing, CHENG Yu-dong*, JIN Yin-zhe*

(College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract:The change of temperature in oil and frozen oil during microwave reheating was determined by microwave workstation. The effects of different freezing conditions on temperature changing of oil and frozen oil during microwave reheating were investigated. Results showed that there were differences between heating characteristics of 6 kinds of oil, heating rate of the sunflower oil was higher since it contained more unsaturated fatty acid, but the peanut oil was on the contrary. Frozen for 1 day under -20℃, reheating curves of the 6 kinds of oil were all presented the "S" pattern, but the heating rate of peanut oil was lowest, because its freezing point was the highest, which means it need more time to reach 0℃. The soybean oil was stored at -20℃ and -30℃ respectively for a month, and reheated regularly, finally found the lower frozen temperature the smaller impact on the temperature change of oil after microwave heating, when under the same freezing temperature, impact decreased with freezing time increased.

Key words:oil; microwave heating; unsaturated fatty acid; freezing; temperature-rising characteristics

中图分类号:TS217.1

文献标识码:A

文章编号:1002-0306(2015)10-0139-04

doi:10.13386/j.issn1002-0306.2015.10.020

油炸食品因其独特的酥脆口感和诱人的风味、色泽,日益受到消费者的喜爱,特别是炸牛排、炸薯条、炸鱼丸等休闲食品是青少年每日首选的食品种类。但油炸食品制备过程繁琐,产生大量油烟,而且制备出的油炸食品的含油量较高引起人们对健康的担忧。研究证实可从油的种类,裹层配方,油料比,预处理方式等方面进行控制^[1-4],从而降低油炸食品含油量。

微波预油炸食品,为消费者提供了方便制备油炸食品的选择,不仅保存了油炸食品的口感和质构,还缩短了制作时间^[5-7]。油炸过程中,特别是油炸结束后从油锅中取出食物时,由于压力差会导致大量油

脂被吸附在食物表面成为表皮成分之一^[8],而在微波复热阶段,油脂随温度的升高会对食品进行二次短时油炸,因此油脂表现出的升温特性是油炸食品经微波复热后表层品质形成的重要影响因素^[9]。为更好地了解微波加热条件下冻藏油脂的升温特性,本研究利用微波工作站,选取我国消费较多的6种植物油^[10],对其常温以及冻藏状态下的微波升温特性进行研究,分析影响冻藏油脂升温特性的因素。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

5L金龙鱼大豆油、1.018L融氏玉米胚芽油、1.8L

收稿日期:2014-08-18

作者简介:齐力娜(1989-),女,硕士研究生,研究方向:食品热加工。

*通讯作者:金银哲(1977-),男,博士,副教授,研究方向:食品热加工。

程裕东(1961-),男,博士,教授,研究方向:食品热加工。

基金项目:上海市科委部分地方院校能力建设项目(12290502200);上海高校知识服务平台-上海海洋大学水产动物遗传育种中心(ZF1206)。

金龙鱼花生油、900mL金龙鱼调和油、1.8L金龙鱼菜籽油、1.8L多力葵花籽油 均购于上海临港古棕路农工商超市。

实验型微波工作站 配有FISO Microwave Workstation Commander软件,加拿大FISO公司;NN-GD568 2450Hz型松下微波炉 上海松下微波炉有限公司;BCD-168K型电冰箱 东芝冰箱西安有限公司;N5230C 85070E型PNA-L网络分析仪 安捷伦科技有限公司;TA-XT plus物性测定仪型 英国stable micro systems公司。

1.2 实验方法

1.2.1 利用微波工作站测定油脂升温曲线^[11] FISO微波工作站,采用转盘装置,具有8通道,配有温度传感光纤(Model:FOT-L-SD-C1-F1-M2-R1-ST),通过电脑Microwave Workstation Commander软件的控制,可以在线实时监测微波炉中样品温度变化。每次实验前进行仪器校正,并将光纤固定于烧杯内同一位置。

取80mL油于80mL烧杯中并将光纤浸入液体,放入工作站的微波炉内(500W)加热一定时间,微波炉开始工作即启动FISO Microwave Workstation Commander软件进行温度监测。分别测定6种植物油的升温曲线,重复实验三次。

1.2.2 脂肪酸检测方法 脂肪酸含量的测定由中国商业联合会食品质量监督检测中心根据《GB/T 17376-2008(动植物油脂)脂肪酸甲酯制备》、《GB/T 17377-2008(动植物油脂)脂肪酸甲酯的气相色谱分析》测定6种植物油的脂肪酸含量。

1.2.3 介电特性检测方法 E5071C矢量网络分析仪、85070B末端开路同轴探针、安捷伦85070测试软件和计算机组成测试系统。测定前,开机预热1h,采用开路、短路以及25℃去离子水校正仪器。选择测量频率范围为300~4000MHz,线性采样点为741个。测定时,将装有植物油的烧杯置于探针下,让探针充分进入油样,并确保探针的端面无气泡存留,测定数据。通过测试软件计算节电参数和频率,以介电常数和介电损失率表示植物油的介电特性。测定的环境温度控制在25℃,每一样品重复测定三次。

1.2.4 硬度的检测方法 采用TA-XT2i型质构仪,P/5圆柱形探头。测定条件如下:测前速度3mm/s;测试速度1mm/s;测后速度3mm/s;压缩距离4mm;停留时间间隔5s;负重5g。测定前进行高度校准,每次测定三组平行样品,取平均值。

2 结果与分析

2.1 油脂升温特性的分析

2.1.1 几种油脂的升温特性 在500W的微波功率下,花生油、调和油与其他四种油脂的升温速率存在明显差异。由图1和表1,可以看出葵花籽油、菜籽油、大豆油和玉米胚芽油的升温速度快于花生油和调和油。

2.1.2 脂肪酸组成对油脂升温特性的影响 表2中列出的是6种植物油的脂肪酸测定结果。油脂类是脂肪和类脂的总称,脂肪是由一分子甘油和三分子脂肪酸组成,又称甘油三酯,其基本组成单位是脂肪

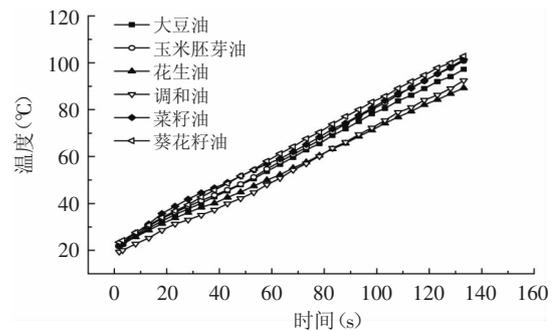


图1 微波加热条件(功率为500W)下油脂的温度变化

Fig.1 Temperature-raising characteristics of oil at microwave power of 500W

表1 微波加热条件(功率为500W)下油脂升温曲线的拟合方程
Table 1 Regression result of temperature-raising curves of oil at microwave power of 500W

油脂种类	拟合方程
大豆油	$y=0.57x+21.13 (R^2=0.9994)$
玉米胚芽油	$y=0.59x+21.06 (R^2=0.9987)$
花生油	$y=0.51x+21.15 (R^2=0.9991)$
调和油	$y=0.55x+17.00 (R^2=0.9977)$
菜籽油	$y=0.58x+23.50 (R^2=0.9980)$
葵花籽油	$y=0.61x+22.58 (R^2=0.9996)$

注:y为油脂在500W微波功率下的温度(℃);x为微波加热时间(s);R²为相关系数。

酸,是食用油的基本组成单位。而在脂肪酸中,不饱和脂肪酸所占比例较大,因此微波加热不同油脂产生的微弱差别与油脂的不同脂肪酸含量有关。从表2中可以看到,葵花籽油的油酸和亚油酸含量占总脂肪酸的87.1%,为6种油中最高,而其微波升温速率也为6者中最快。花生油的油酸和亚油酸含量占总脂肪酸的78.4%为6者中最低,其升温速率最慢。

表2 六种油脂的脂肪酸含量

Table 2 The fatty acid content of 6 kinds of oil

脂肪酸	葵花籽油	大豆油	玉米油	调和油	花生油	菜籽油
油酸	26.9	25.9	29.9	44.4	46.5	61.9
亚油酸	60.2	50.7	53.6	36.1	31.9	18.5
棕榈酸	6.3	11.1	13.4	8	10.9	4.3
硬脂酸	5.3	5.2	1.6	3.2	3.6	1.9
花生酸	0.3	0.6	0.5	0.9	1.6	0.9
山嵛酸	0.7	0.4	0	0.3	3	0.2
二十四碳酸	0.1	0	0	0.1	0	0
亚麻酸	0	6.1	0.5	6.1	0	7.5
二十碳烯酸	0.2	0	0.4	0.8	1	2.1
十六碳烯酸	0	0	0	0.1	0	0.1

油脂的介电性与水相比很低(表3),对微波能的吸收很弱,因此也有学者得出各种植物油的升温曲线无差别的结论^[11-12]。

2.2 冻藏条件与油脂复热特性的关系

2.2.1 冷冻油的微波复热特性 在-20℃条件下冻

表3 六种油脂的介电常数和介电损失率(25℃, 2450MHz)
Table 3 The dielectric constant and dielectric loss of oil under 25℃ at 2450MHz

油脂种类	ϵ'	ϵ''
花生油	2.71	0.32
菜籽油	2.49	0.28
大豆油	2.72	0.34
玉米胚芽油	2.55	0.30
葵花籽油	2.52	0.29
调和油	2.51	0.29
去离子水	78.20	10.30

藏24h的6种植物油,取出经微波(500W)复热时均会经历三个阶段:0~80s阶段油脂开始逐渐升温,此时升温速度相对较慢;80~120s阶段油脂的升温速度明显增大;120s后油脂的升温速度相对减慢。这是因为,刚取出阶段,油脂呈冻冰的状态而油脂和冰对微波能的透过性好,吸收少,因此升温很慢;而第二阶段当油脂中的水溶化后,吸收微波能变大,升温速度上升;随着温度的上升,导致水分和易挥发物质减少,微波吸收减弱,又产生了第三阶段油脂的升温速度相对减慢。6种植物油在复热过程中到达0℃所用时间不同,原因是冻藏相同时间,6种植物油的冻结程度不同,表4列出6种植物油的凝固点和到达0℃所用时间。由于花生油凝固点高,复热速率慢,到达0℃用时最长,而菜籽油等油凝固点较低,在微波复热时到达0℃用时较短。

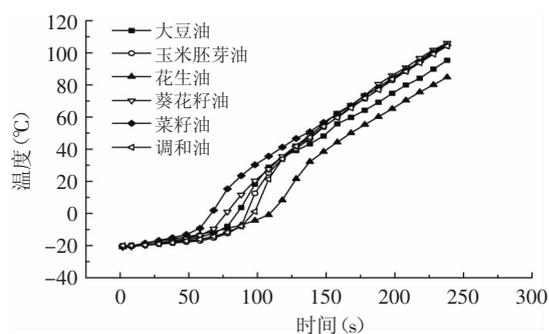


图2 冷冻油(-20℃)的微波复热特性

Fig.2 Microwave reheating characteristics of frozen oil (-20℃)

表4 六种油脂的凝固点及-20℃升温至0℃所需时间

Table 4 Freezing point of oil and the time to heating up from -20℃ to 0℃

食用植物油	凝固点(℃)	-20℃到达0℃时间(s)
花生油	10~15	110
葵花籽油	<-10	100
玉米胚芽油	<-10	91
大豆油	<-8	85
调和油	2~13	79
菜籽油	<-10	67

2.2.2 冷冻时间对油微波复热特性的影响 消费者所购买的可微波预油炸食品所经历的冷冻贮存时间

是不同的,应考察冷冻贮存天数是否会对油脂微波复热升温速度产生影响。将大豆油置于(-20±2)℃冰箱中贮存1~6d,每天取出测定500W功率下的升温曲线,贮存9~23d每隔2d取出测定,并测定冻藏1~5d的大豆油的硬度。

由图3结果可以发现,贮存1~6d内的油脂升温“S”曲线较分散,主要是因为食品冷冻的第一周,冰箱内的温度不稳定,油脂冻结的程度不一致。图4中,可以看到随着冻藏时间的延长,油脂硬度逐渐升高。冰冻状态对微波的透过性比较大,使得物料对微波吸收不同,同时油脂也在吸收环境中的水分,均会影响微波复热特性。9~23d的实验结果表明,随着冻藏时间的延长,冻藏时间对油脂的升温速度影响很小。虽然终温无明显差异,但过程中油脂的升温情况会影响水分的蒸发,从而会影响最终吸油量和脆度。

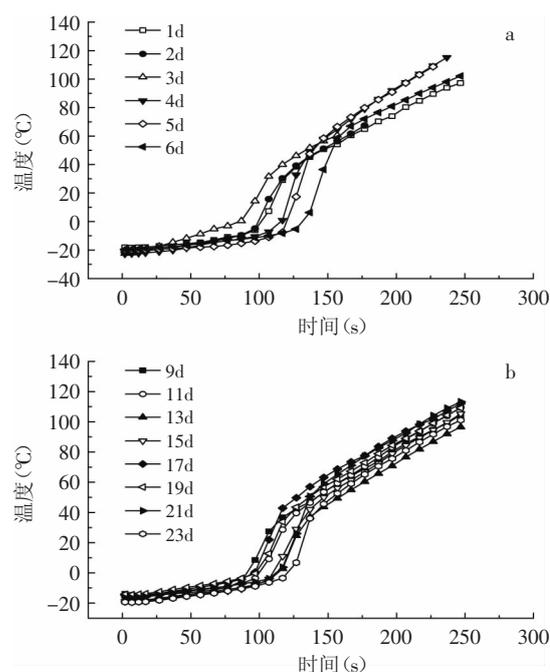


图3 -20℃条件下贮存不同天数的大豆油的微波升温特性

Fig.3 Microwave heating characteristic of soybean oil frozen for several days under -20℃

注:a:冻藏1~6d升温特性;b:冻藏9~23d升温特性。

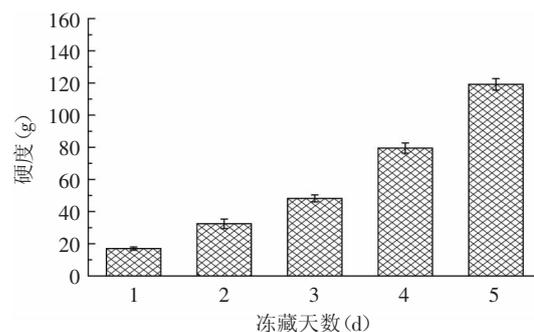


图4 冻藏不同天数大豆油的硬度

Fig.4 Hardness of soybean oil after frozen for several days

2.2.3 冻藏温度对油微波复热特性的影响 不同食

品对冻藏的温度要求是不同的,因此需考察不同冷冻温度对油微波复热特性的影响。取与2.2.2同样的样品,置于 $(-30\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 冰箱中贮存一周,连续测定分别贮存1、2、3、4、5、6、7d后冷冻油在500W条件下的微波复热曲线,结果见图5。

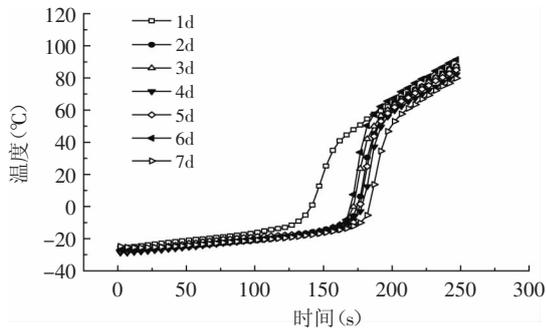


图5 -30°C 条件下贮存不同天数的大豆油的微波升温特性
Fig.5 Microwave heating characteristic of soybean oil frozen for several days under -30°C

图5中可以看出, -30°C 条件下贮存一周,贮存天数对油的复热无影响,陈卫学者^[9]在其研究中得出冻藏温度越低,脆性越大、吸水越少的结论,由本实验结果可以看出,冻藏温度越低,吸水现象不明显,从而油脂微波复热特性更加稳定。与 -20°C 贮藏油升温特性相比, -30°C 条件下,样品复热所需的时间延长; -30°C 条件下,不同贮藏天数的样品复热特性相似(除第1d),使得在复热过程中水分蒸发情况相似,贮藏天数对样品微波复热速率的影响不明显。而针对图5中第1d升温曲线,可能是因为冻藏第1d,冰箱内温度不稳定,油脂内部的水分未来得及完全冻结,因此油脂达到 0°C 所用时间较短。综上,冻藏温度越低,食品微波复热特性越稳定。短时间冻藏可微波预油炸食品时,选择较低温度可获得较稳定的复热效果。

3 结论

对室温条件下(25°C)和冷冻条件下(-20°C 、 -30°C)贮存的6种常见植物油的微波升温特性进行了研究。微波加热过程中,室温贮藏下的葵花籽油、菜籽油、大豆油和玉米胚芽油的升温速度快于花生油和调和油,且油中不饱和脂肪酸含量会影响其升温速度,油酸和亚油酸含量占总脂肪酸的比例越高,其升温速度越快,反之越慢。 -20°C 条件下冻藏的植物油,经微波复热时的升温曲线呈“S”型,由于冰冻状态的油脂对微波的透过性好,导致冰冻油脂在微波复热的前0~80s的升温速率较慢;80~120s油脂升温速率明显

增大;而120s后速率逐渐减慢。不同植物油的凝固点不同导致冻结程度不同,花生油凝固点高,复热速率慢,到达 0°C 用时较长;菜籽油凝固点低,用时较短。 -20°C 连续冻藏的油脂,因冻藏的初期冰箱内温度不稳定,油脂冰冻程度不同,使得油脂升温速率差异较大,但冻藏时间越长差异越小。随着冻藏温度越低(-30°C),吸水现象不明显,油脂微波复热特性更加稳定。通过对油脂微波升温特性的研究,为改善微波预油炸食品表皮升温特性提供基础数据。

参考文献

- [1] Tajner-Czopek A, Figiel A, Carbonell-Barrachina AA. Effects of potato strip size and pre-drying method on french fries quality[J]. European Food Research and Technology, 2008, 227(3):757-766.
- [2] Pedreschi F, Pedro M. Effect of pre-drying on texture and oil uptake of potato chips[J]. LWT-Food Science and Technology, 2005, 38(6):599-604.
- [3] Primo-Martin C, Sanz T, Steringa DW. Performance of cellulose derivatives in deep-fried battered snacks: Oil barrier and crispy properties[J]. Food Hydrocolloids, 2010, 24(8):702-708.
- [4] Garcia MA, Ferrero C, Bertola N, et al. Edible coatings from cellulose derivatives to reduce oil uptake in fried products[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2002, 3(4):391-397.
- [5] 程裕东, 刘军辉. 微波食品的开发及其技术应用[J]. 中国食品学报, 2003, 3(3):93-98.
- [6] 张灏, 陈卫, 颜正勇. 微波春卷“浸湿”原因的探讨[J]. 食品与机械, 1999(5):24-25.
- [7] Chen Chien-Li, Li Pin-Yi, Chen Hui-Huang. Using HPMC to improve crust crispness in microwave-reheated battered mackerel nuggets: Water barrier effect of HPMC[J]. Food Hydrocolloids, 2008, 22(7):1337-1344.
- [8] Srajan Lalam. Experimental study on transport mechanisms during deep fat frying of chicken nuggets[J]. LWT-Food Science and Technology, 2013(1):110-119.
- [9] 陈卫, 范大明, 赵建新, 等. 冷冻及微波复热条件对预油炸面拖食品脆性的影响[J]. 食品工业科技, 2008, 29(9):94-97.
- [10] 沈琼. 我国城镇居民植物油消费需求分析[J]. 中国农业大学学报, 2008, 13(3):36-42.
- [11] 温雪馨, 芮汉明. 微波工作站对油脂组分微波升温特性的研究[J]. 食品工业科技, 2010, 31(4):100-103.
- [12] 王新红. 植物油脂的热分析及动力学研究[J]. 食品工业科技, 2010, 31(3):151-154.

欢迎光临我们的网站

www.spgykj.com