

발간등록번호

11-1543000-002745-01

튀김유의 실시간
산가측정 및 산가
정보 제공 시스템과
산가측정 센서개발
최종보고서

2019. 06. 10.

주관연구기관 / (주)제이케이글로벌
협동연구기관 / (주)협진기계

농림축산식품부

High Value-added Food Technology
Development Program R&D Report

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “고부가가치식품기술개발사업”(개발기간 : 2017. 06. ~ 2018. 12.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2019. 06. 10.

주관연구기관명 : (주)제이케이글로벌

(대표자) (인)

협동연구기관명 :

(대표자) (인)

참여기관명 : (주)협진기계

(대표자) (인(인))



주관연구책임자 : 박 정 근

협동연구책임자 :

참여기관책임자 : 서 한 일

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

과제고유번호	117066-2	해 당 단 계 연 구 기 간	18개월	단 계 구 분	(해당단계)/ (총 단 계)
연구사업명	단 위 사 업	농식품기술개발사업			
	사 업 명	고부가가치식품기술개발사업			
연구과제명	대 과 제 명	(해당 없음)			
	세부 과제명	튀김유의 실시간 산가측정 및 산가정보 제공 시스템과 산가측정 센서 개발			
연구책임자	박 정 근	해당단계 참여연구원 수	총: 8명 내부: 6명 외부: 2명	해당단계 연구개발비	정부:100,000천원 민간: 37,900천원 계:137,900천원
		총 연구기간 참 여 연구원 수	총: 11명 내부: 9명 외부: 2명	총 연구개발비	정부:160,000천원 민간: 60,680천원 계:220,680천원
연구기관명 및 소속부서명	(주)제이케이글로벌			참여기업명 (주)협진기계	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자: 박 정 근	
요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다)					보고서 면수

요 약 문

연구의 목적 및 내용	<p>식용유지에서 산화도(FFA : Free fatty acide) 와 TPM(TPM : Total Polar Material)를 실시간으로 측정할 수 있는 Sensor를 개발하여 스마트 튀김기기에 시스템을 적용하여 식용유의 상태가 적절한 시점에서 교체될 수 있도록 실시간 산가측정 및 산가정보 제공 시스템의 개발 목적으로</p> <p>1차, Sensor컨트롤 PCB 개발 및 전기 전도도를 이용한 센싱 기술개발, 2차, Main Controller PCB설계 및 최종 Sensor개발이 주된 연구이다.</p>																
연구개발 성과	<p>1. Sensor적용 PCB 설계 기판사양 - 세라믹 PCB적용 설계 완료(탄소나노튜브 미적용) (사유 : 고온에서의 특성 및 환경유해 물질에 문제가 없는 사양 적용) 탄소나노튜브(CNT)의 경우 기판에 착상되어 측정하는 방식으로 초기 연구계획을 진행하고 최적의 배합 비율과 측정값의 결과를 얻었으나 CNT 적용 기판의 검증 결과 고온의 식용오일을 장시간 침지상태로 사용할 시 도포된 기판에서의 CNT 양이 미미하게 줄어드는 현상이 있어 측정값의 오차 및 CNT가 식용 오일에서의 인체에 미치는 영향 등으로 인하여 산업공해연구소의 의견을 참고로 초기 계획을 수정하게 되었다. 이에 고온에서 사용이 가능한 세라믹기판으로 변경하여 전하량 이동에 민감하게 반응 할 수 있는 최적의 조건으로 설계 제작하였다.</p> <p>2. 최종 식용오일 Sensor개발 해외 논문과 자체 테스트 연구를 통하여 Sensor를 개발하고, 시중에서 판매되고 있는 독일과 일본 계측기의 제품 등을 비교분석하며 측정 시 마다 추출 한 Sample을 국가기관(산업공해연구소)에 의뢰하여 신뢰성을 확보하였다.</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">일본(ATAGO)</td> <td style="width: 25%;">10.5%(산패) 0.68%(산가)</td> <td style="width: 25%;">18.5%(산패) 1.62%(산가)</td> <td style="width: 25%;">23.0%(산패) 2.33%(산가)</td> </tr> <tr> <td>독일(TESTO AG)</td> <td>15.0%(산패)</td> <td>20.0%(산패)</td> <td>24.5%(산패)</td> </tr> <tr> <td>산업공해시험연구소</td> <td>0.33%(산가)</td> <td>0.67%(산가)</td> <td>1.00%(산가)</td> </tr> </table> <p>위 그래프와 같이 이번 연구 개발을 통하여 제작된 산화도 Sensor의 경우 시중에서 판매되는 계측기보다 국제규격으로 측정한 결과 값에 근접하여 신뢰도가 높은 것으로 확인하였다.</p>					일본(ATAGO)	10.5%(산패) 0.68%(산가)	18.5%(산패) 1.62%(산가)	23.0%(산패) 2.33%(산가)	독일(TESTO AG)	15.0%(산패)	20.0%(산패)	24.5%(산패)	산업공해시험연구소	0.33%(산가)	0.67%(산가)	1.00%(산가)
일본(ATAGO)	10.5%(산패) 0.68%(산가)	18.5%(산패) 1.62%(산가)	23.0%(산패) 2.33%(산가)														
독일(TESTO AG)	15.0%(산패)	20.0%(산패)	24.5%(산패)														
산업공해시험연구소	0.33%(산가)	0.67%(산가)	1.00%(산가)														
연구개발 성과의 활용 계획 (기대효과)	<p>외식산업과 결합된 전자전기, 측정Sensor 로 국내 기술 경쟁력을 확보하였고, 세계 최초 식용오일 산화도를 튀김기기에서 실시간 측정이 가능한 시스템개발의 국산기술로 개발된 Sensor의 축적된 핵심기술로 식품안전 및 식품품질 신뢰도 확보로 보건증진과 외식산업의 발전에 큰 기대효과가 있음. 아울러 이 기술의 보급은 식품 품질 분야에 있어서 유해물질의 섭취를 사전에 차단하도록 하여 국민 건강 증진과 소비자 신뢰도 제고에 기여할 수 있을 것으로 기대하고 있다.</p>																
중 심 어 (5개 이내)	산가측정	식용오일센서	식품위생관리	식품안전	유해물질차단												

SUMMARY

<Purpose and content of research>

We developed sensor that can measure free fatty acid (FFA) and TPM (TPM: Total Polar Material) in edible oil in real time and applied system to smart fryer to change the state of edible oil at appropriate time In order to develop the real-time acid value measurement and acid value information system, we developed the sensor control PCB and developed the sensing technology using the electric conductivity. The second is the main controller PCB design and the final sensor development.

<R & D achievement>

1. Sensor PCB design

Substrate specification – Ceramic PCB design completed(carbon nanotube not used)

(Reason: Applied to specifications that do not cause problems at high temperature and environmentally harmful substances) In the case of carbon nanotube (CNT), the initial research plan was carried out by measuring on the substrate, and the optimum mixing ratio and measurement result were obtained. However, the CNT application substrate showed that the high temperature edible oil was used for a long time The amount of CNT on the coated substrate was reduced to a small extent and the initial plan was revised based on the opinion of the Industrial Pollution Research Institute due to the measurement error and the influence of the CNT on the human body in the edible oil. Therefore, it was designed and manufactured under the optimum condition that it can be sensitive to charge transfer by changing to ceramic substrate which can be used at high temperature.

2. Development of final edible oil sensor

We developed sensors through overseas papers and self-test studies, and compared the products of German and Japanese instruments, which are sold in the market. We sampled the extracted samples at each measurement to the national institute (industrial pollution research institute) to secure the reliability. In the case of the oxidation degree sensor manufactured through this research and development, it is confirmed that the reliability of the oxidation degree sensor is close to that of the international standard.

<Plan to utilize R & D achievement (expected effect)>

We have secured domestic technological competitiveness with electronic electric and measurement sensor combined with food service industry.

It is the accumulated core technology of sensor developed with Korean technology for the development of system capable of real-time measurement in the world's first edible oil oxidation degree fryer, and it has great expectation for health promotion and development of food service industry by securing food safety and food quality reliability . In addition, the spread of this technology is expected to contribute to the improvement of public health and consumer confidence by preventing the ingestion of harmful substances in the field of food quality in advance.

<Central language>

Acid value measurement, food hygiene control, food safety, edible oil sensor, harmful substance blocking

< Contents >

Chapter. 1 Outline of Research and Development Project	7
Chapter. 2 Domestic and Overseas Technology Development Status ..	9
Chapter. 3 Research Results and Results	41
Chapter. 4 Achieving Goals and Contributing to Related Fields	72
Chapter. 5 Utilization of Research Results	75
Chapter. 6 References	78

< 목 차 >

제 1장 연구개발과제의 개요	7
제1절 연구개발 목적	
제2절 연구개발의 필요성	
제3절 연구개발 범위	
제 2장 국내외 기술개발 현황	9
제1절 특허분석을 통한 국내외 기술개발 현황	
제2절 보유특허 및 논문분석을 통한 국내외 기술개발 현황	
제 3장 연구수행 내용 및 결과	41
제1절 탄소나노튜브와 카테킨 배합 및 알루미늄기판 도포	
제2절 백금플레이트로 도포한 세라믹기판 개발	
제 4장 목표달성 및 관련분야에의 기여도	72
제 5장 연구결과의 활용 계획	75
제 6장 참고문헌	78
<별첨> 자체평가의견서	

제 1장 연구개발과제의 개요

제 1절 연구개발 목적

식용유지에서 산가지수(FFA; Free fatty acide)와 TPM(Total Polar Materia)을 실시간으로 측정할 수 있는 센서를 개발하여 스마트 튀김기기 시스템에 적용하여 식용유의 상태가 적절한 시점에 교체할 수 있도록 할 수 있는 튀김유의 실시간 산가측정 및 산가정보 제공 시스템의 개발 목적이다.

제 2절 연구개발의 필요성

○ 일반적으로, 식용 유지의 산화도 측정은 점도 및 색도 등의 물리적 방법, 산화 생성물의 양을 직·간접적으로 측정하는 화학적 방법과, 시각 또는 후각 검사를 통해 판별하는 관능적 평가 등이 활용되고 있다. 화학적 방법으로 식용 유지의 상태를 측정하는 경우 고가의 장비가 필요하고 분석 시간이 오래 걸리는 등의 단점으로 지적되고 있으며 사용자가 주관적으로 판단하여 식용 유지의 교환 시기를 결정해야 해야 한다는 문제점이 있다.

○ 식용유의 교체시기를 넘기는 재사용의 경우 발암물질이 형성되어 암 유발, 동맥경화, 심장병 등 인체에 매우 위험한 요소가 너무 많이 있음에도 불구하고 현재 전 세계 모든 튀김기계에는 사용자가 식별할 수 있는 표시부에 on-off 전원스위치, 온도설정계기, 타이머설정계기만 표시하고 있다.

○ 따라서 스마트튀김기기의 개발은 산패측정센서를 튀김 기에 부착하여 실시간으로 산화도를 측정하고, 측정된 산화도의 값을 표시부에 표시하고, 산화도 측정치가 부패 범위를 넘으면 알람을 울리고, 알람이 울린 후에 기름을 교체하지 않으면 일정 시간이 지난 후에 셧-다운 시켜 사용자가 식용오일의 교체시기를 정확히 인식하고 교체할 수 있도록 하여 사용자는 소비자의 신뢰 얻을 수 있으며 소비자는 유해물질 섭취를 사전에 차단하여 인류의 건강에 기여할 수 있는 산화도 측정센서가 부착된 스마트 튀김기기 연구의 필요성이 시급히 필요하다.

제 3절 연구개발 범위

1. 1차 년도

가. 개발 목표 : 산가 및 TPM 측정 센서 개발

나. 개발 내용 및 범위

(1) 탄소나노튜브와 카테킨의 배합 기술

(2) 백금플레이트 또는 알루미늄 플레이트에 탄소나노튜브와 카테킨의 배합된 것을 도포하는 기술 개발

- (3) 산화된 식용오일에서 도포된 플레이트를 이용하여 전기 전도도의 변화 정도를 센싱하는 기술개발
- (4) 센서 컨트롤 PCB 설계 및 제작

2. 2차 년도

- 가. 개발 목표 : 튀김유의 실시간 산가측정 및 산가정보 제공 시스템 제품개발
- 나. 개발 내용 및 범위 : 시스템 블록다이어그램에 의한 시스템 회로도 설계
- 다. Main controller PCB 설계

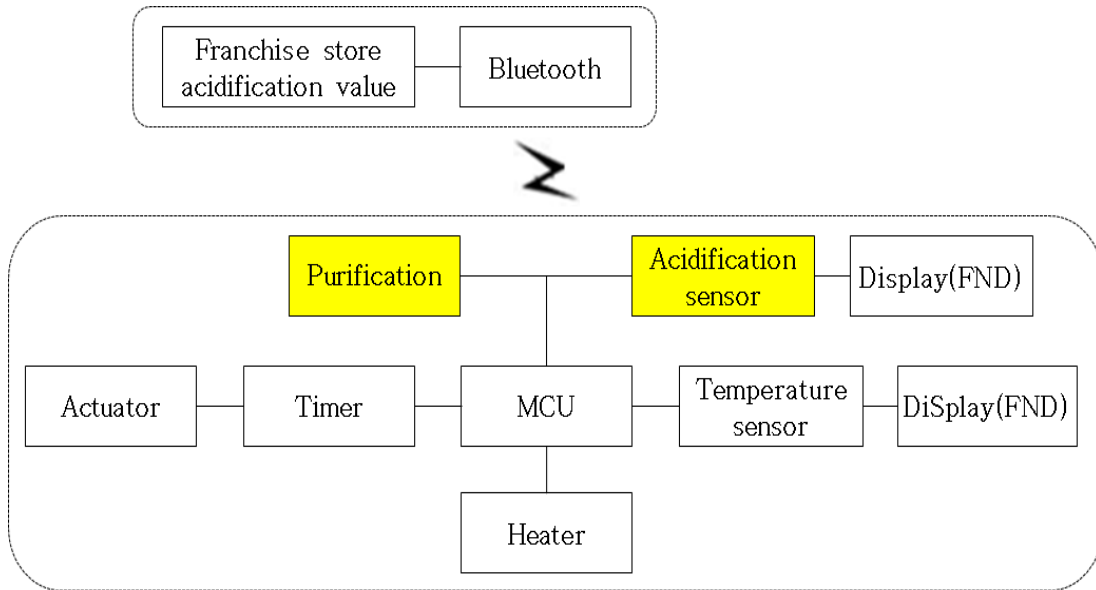


그림 1. 스마트 튀김기 System Block Diagram

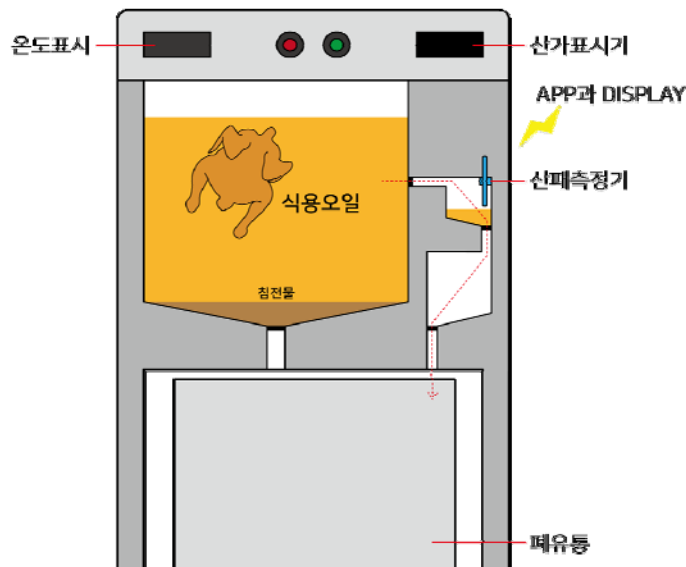


그림 2. 스마트 튀김기 평면도

제 2장 국내외 기술개발 현황

제 1절 특허분석을 통한 국내외 기술개발 현황

1. 국내의 경우 현재 동일 기술 및 계측기를 판매하는 기업은 없으며, 관련 특허 또한 당사의 보유하고 있다.

1	특허 제10-1511870호	튀김유의 실시간 산가 측정 및 산가정보 제공 시스템 및 방법
2	특허 제10-1262951호	탄소나노튜브 센서 및 탄소나노튜브센서를 이용한 식용 오일의 상태측정 장치

표 1. 연구개발 관련 특허 보유 현황

2. 튀김유의 실시간 산가측정 및 산가정보 제공 시스템 및 방법은 2015년 4월 7일 국내특허 등록 및 개별 국가 진출을 위한 PCT 출원 후 미국과 중국에 2015년 12월 특허 출원을 하여 현재 등록 인증을 위한 현지 대리인을 선임하여 다음과 같이 계속적으로 대응 중에 있다.

The State Intellectual Property Office of the People's Republic of China

To: Sunshine Intellectual Property Law Firm Jasy Zhang	Issue Date: October 22, 2018
Application No.: 201480036558.3	
Applicant: PARK, Jung Geun	
Title: Real-Time Frying Oil Acid Value Measuring And Frying Oil Acid Value Information Providing System And Method	

THE FIRST OFFICE ACTION

1. The applicant has filed a request for substantive examination. The examiner has preceded the substantive examination on the above mentioned patent application for invention in accordance with the provisions of Article 35(1) of the Chinese Patent Law.
 The Patent Office has decided to proceed a substantive examination on the above mentioned patent application for invention in accordance with the provisions of Article 35(2) of the Chinese Patent Law.
2. The applicant requested to designate:
 the filing date December 4, 2013 in the KR Patent Office as the priority date.
 The applicant has submitted the copy of the first earlier application documents certified by the authority.
 The applicant does not submit the copy of the first earlier application documents certified by the authority. It will be deemed that the priority right has not been requested according to the provisions of Rule 30 of the Implementing Regulations of the Chinese Patent Law.
3. The following amended document submitted by the applicant on _____ is unacceptable, as the document is not in conformity with the provisions of Rule 51(1) of the Implementing Regulations of the Chinese Patent Law.
4. The examination is conducted on the basis of the following document(s):
 The original application documents The submitted documents which is submitted on submission day of divisional application The following application documents:
5. this office action has not been searched
 this office action has been searched
 The following reference documents have been cited in this office action (their serial numbers will be referred to in the ensuing examination procedure):

Serial No.	Reference document (Number or Title)	Publication Date (or Filing date of interference patent applications)
1	US 5818731A	19981006
2	US 2008222004A1	20080911
3	US 4951558A	19900828
4	CN 1737571A	20060222

Address: The Receiving Department, SIPO, No. 6 Xitucheng Rd., Jimenqiao, Haidian District, Beijing, 100088

6. The conclusive opinion of the examination is as following:

descriptions:

- the subject matter of the application falls into the scope, within which no patent right shall be granted, defined by Article 5 of the Chinese Patent Law.
- the description is not in conformity with the provisions of Article 26(3) of the Chinese Patent Law.
- the description is not in conformity with the provisions of Article 33 of the Chinese Patent Law.
- the description is not in conformity with the provisions of Rule 17 of the Implementing Regulations of the Chinese Patent Law.

claims:

- claim _____ is not in conformity with the provisions of Article 2(2) of the Chinese Patent Law.
- claim _____ is not in conformity with the provisions of Article 9(1) of the Chinese Patent Law.
- claim _____ does not possess novelty provided by Article 22(2) of the Chinese Patent Law.
- claims 1-10 does not possess inventiveness provided by Article 22(3) of the Chinese Patent Law.
- claims _____ do not possess practical applicability provided by Article 22(4) of the Chinese Patent Law.
- claim _____ falls into the scope, within which no granted patent right shall be granted, provided by Article 25 of the Chinese Patent Law
- claim _____ are not in conformity with the provisions of Article 26(4) of the Chinese Patent Law.
- claim _____ is not in conformity with the provisions of Article 31(1) of the Chinese Patent Law.
- claim _____ is not in conformity with the provisions of Article 33 of the Chinese Patent Law.
- claims _____ are not in conformity with the provisions of Rule 19 of the Implementing Regulations of the Chinese Patent Law.
- claim _____ is not in conformity with the provisions of Rule 20 of the Implementing Regulations of the Chinese Patent Law.
- claim _____ is not in conformity with the provisions of Rule 21 of the Implementing Regulations of the Chinese Patent Law.
- claims _____ are not in conformity with the provisions of Rule 22 of the Implementing Regulations of the Chinese Patent Law.
- _____
- Application is not in conformity with the provisions of Rule 26(5) of the Chinese Patent Law or the provisions of Rule 26 of the Implementing Regulations of the Chinese Patent Law.
- Application is not in conformity with the provisions of Rule 20(1) of the Chinese Patent Law
- Divisional application is not in conformity with the provisions of Rule 43(1) of the Implementing Regulations of the Chinese Patent Law.

The detail analysis for above conclusive opinion is described in the text of this office action.

Address: The Receiving Department, SIPO, No. 6 Xitucheng Rd., Jimenqiao, Haidian District, Beijing, 100088

7. On the basis of the above conclusive opinion, the examiner holds that:
- the applicant should make amendment in accordance with the requirements described in the text of this office action.
 - the applicant should expound reasons for that the above mentioned patent application can be granted the patent right, and make amendments to the specification of which is not in conformity with the provisions as described in text of this office action; otherwise the patent right shall not be granted.
 - the patent application does not possess any substantive patentable contents, if the applicant fails to expound reasons or the reasons expounded are not sufficient, this application will be rejected.
 - _____
8. The applicant shall pay more attention to the matters as following:
- (1) In accordance with the provisions of Article 37 of the Chinese Patent Law, the applicant shall submit the response within 4 months from the date of receiving this office action. If the applicant fails to respond within the time limit without any justified reason, the application shall be deemed to have been withdrawn.
 - (2) The amendment modified by the applicant shall be in conformity with the provisions of Article 33 of the Chinese Patent Law, and shall be submitted in duplicate copies and in format in accordance with the relevant provisions of the Examination Manual.
 - (3) The applicant's response and/or amendment documents shall be mailed or submitted to the Receiving Department of the Chinese Patent Office; the documents which are not mailed or submitted to the Receiving Department do not possess legal effect.
 - (4) The applicant and/or his (its) agent shall not come to the Chinese Patent Office to interview with the examiner without an appointment.
9. The text of this office action consists of a total of 3 sheet, and is accompanied by the following annexes:
- the copies of the cited reference documents consist of ___ sets and ___ sheets.
 - _____

The Seal of the Examiner: BAI Hua.

Address: The Receiving Department, SIPO, No. 6 Xitucheng Rd., Jimenqiao, Haidian District, Beijing, 100088



国家知识产权局

200022

上海市浦东新区东方路 877 号 2103 室 上海信好专利代理事务所（普通合伙）
张静洁 (021-68750788) 贾慧琴 (021-68750788)

发文日：

2018 年 10 月 22 日



申请号或专利号：201480036558.3

发文序号：2018101701657930

申请人或专利权人：朴正根

发明创造名称：煎炸油的实时酸价测定及酸价信息提供系统及方法

第一次审查意见通知书

（进入国家阶段的 PCT 申请）

- 应申请人提出的实质审查请求，根据专利法第 35 条第 1 款的规定，国家知识产权局对上述发明专利申请进行实质审查。
 根据专利法第 35 条第 2 款的规定，国家知识产权局决定自行对上述发明专利申请进行实质审查。
- 申请人要求以其在：
KR 专利局的申请日 2013 年 12 月 04 日为优先权日。
- 经审查，申请人于____提交的修改文件，不符合专利法实施细则第 51 条第 1 款的规定，不予接受。
- 审查是针对原始提交的国际申请的中文文本或中文译文进行的。
 审查是针对下列申请文件进行的：
2015 年 12 月 25 日提交的说明书摘要、权利要求第 1-10 项、说明书第 1-50 段；
2016 年 3 月 24 日提交的说明书附图、摘要附图。
- 本通知书引用下列对比文献（其编号在今后的审查过程中继续沿用）

编号	文件号或名称	公开日期 (或抵触申请的申请日)
1	US 5818731A	19981006
2	US 2008222004A1	20080911
3	US 4951558A	19900828
4	CN 1737571A	20060222

6. 审查的结论性意见：

关于说明书：

- 申请的内容属于专利法第 5 条规定的不授予专利权的范围。
 说明书不符合专利法第 26 条第 3 款的规定。

210402
2018.8

纸件申请，回函请寄：100088 北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 国家知识产权局专利局受理处收
电子申请，应当通过电子专利申请系统以电子文件形式提交相关文件。除另有规定外，以纸件等其他形式提交的文件视为未提交。



国家知识产权局

说明书不符合专利法第 33 条的规定。
 说明书的撰写不符合专利法实施细则第 17 条的规定。

关于权利要求书：

权利要求 不符合专利法第 2 条第 2 款的规定。
 权利要求 不符合专利法第 9 条第 1 款的规定。
 权利要求 不具备专利法第 22 条第 2 款规定的新颖性。
 权利要求 1-10 不具备专利法第 22 条第 3 款规定的创造性。
 权利要求 不具备专利法第 22 条第 4 款规定的实用性。
 权利要求 属于专利法第 25 条规定的不予授予专利权的范围。
 权利要求 不符合专利法第 26 条第 4 款的规定。
 权利要求 不符合专利法第 31 条第 1 款的规定。
 权利要求 不符合专利法第 33 条的规定。
 权利要求 不符合专利法实施细则第 19 条的规定。
 权利要求 不符合专利法实施细则第 20 条的规定。
 权利要求 不符合专利法实施细则第 21 条的规定。
 权利要求 不符合专利法实施细则第 22 条的规定。

申请不符合专利法第 26 条第 5 款或者实施细则第 26 条的规定。
 申请不符合专利法第 20 条第 1 款的规定。
 分案申请不符合专利法实施细则第 43 条第 1 款的规定。
上述结论性意见的具体分析见本通知书的正文部分。

7. 基于上述结论性意见，审查员认为：

申请人应当按照通知书正文部分提出的要求，对申请文件进行修改。
 申请人应当在意见陈述书中论述其专利申请可以被授予专利权的理由，并对通知书正文部分中指出的不符合规定之处进行修改，否则将不能授予专利权。
 专利申请中没有可以被授予专利权的实质性内容，如果申请人没有陈述理由或者陈述理由不充分，其申请将被驳回。

8. 申请人应注意下列事项：

(1) 根据专利法第 37 条的规定，申请人应当在收到本通知书之日起的 4 个月内陈述意见，如果申请人无正当理由逾期不答复，其申请将被视为撤回。

(2) 申请人对其申请的修改应当符合专利法第 33 条的规定，不得超出原说明书和权利要求书记载的范围，同时申请人对专利申请文件进行的修改应当符合专利法实施细则第 51 条第 3 款的规定，按照本通知书的要求进行修改。

(3) 申请人的意见陈述书和 / 或修改文本应当邮寄或递交国家知识产权局专利局受理处，凡未邮寄或递交给受理处的文件不具备法律效力。

(4) 未经预约，申请人和 / 或代理人不得前来国家知识产权局与审查员举行会晤。

(5) 对进入实质审查阶段的发明专利申请，在第一次审查意见通知书答复期限届满前（已提交答复意见的除外），主动申请撤回的，可以请求退还 50% 的专利申请实质审查费。

9. 本通知书正文部分共有 3 页，并附有下列附件：

引用的对比文件的复印件共 _____ 份 _____ 页。

审查员：白桦

联系电话：010-53961425

审查部门：专利审查协作北京中心电学发明审查部

210402
2018.8

纸件申请，回函请寄：100088 北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 国家知识产权局专利局受理处收
电子申请，应当通过电子专利申请系统以电子文件形式提交相关文件。除另有规定外，以纸件等其他形式提交的文件视为未提交。



国家知识产权局

第一次审查意见通知书

(进入国家阶段的 PCT 申请)

申请号:2014800365583

经审查,现提出如下的审查意见。

1、权利要求 1 不具备专利法第 22 条第 3 款规定的创造性

权利要求 1 请求保护一种煎炸油的实时酸价测定及酸价信息提供系统。对比文件 1 (US5818731A) 公开了一种油炸锅,并具体公开了以下的技术特征(参见说明书第 10 栏第 5 行至第 68 行,附图 7):其配置成烹饪油炸食品,并具有测量煎炸油的 TPM 的功能(图 1),并配置管理和分析煎炸油信息。该权利要求所要求保护的技术方案与对比文件 1 的区别在于:“销售时点信息终端,用于管理上述卖场的煎炸油信息及包含联系电话的消费者信息;综合服务器,收集、分析上述煎炸油信息及上述消费者信息;消费者终端,通过与上述销售时点信息终端或上述综合服务器进行通信,能够订购煎炸食品”。

对于上述区别特征,对比文件 2 (US2008222004A1) 公开了一种配置管理客户信息的 POS 终端,并具体公开了以下的技术特征(参见说明书第[0041]段,附图 1):包括分店的客户电话号码(第 41 段);集成服务器,用于收集和分析客户信息(110);和客户终端配置为通过与 POS 终端的通信或集成进行订购。而且该特征在对比文件 2 中所起的作用与其在本发明中为解决其技术问题所起的作用相同,都是用于提供服务,提高销售额,也就是说对比文件 2 给出了将该技术特征用于该对比文件 1 以解决其技术问题的启示。由此可知,在对比文件 1 的基础上结合对比文件 2 得出该权利要求所要求保护的技术方案,对本领域的技术人员来说是显而易见的,因此该权利要求所要求保护的技术方案不具有突出的实质性特点,因而不具备创造性。

2、权利要求 2-3 不具备专利法第 22 条第 3 款规定的创造性

权利要求 2-3 是从属权利要求。对比文件 2 (参见说明书第[0082]、[0111]段)具体公开了以下的技术特征:POS 终端或者集成服务器在接收到订单时被配置为发送油炸以及与订单相关的文本消息的形式向客户终端提供信息;商店监视器显示煎炸油信息(148)并安装在分店内部或外部。因此分别在其引用的权利要求不具备创造性的情况下,上述从属权利要求不具备创造性。

3、权利要求 4 不具备专利法第 22 条第 3 款规定的创造性

权利要求 4 是从属权利要求。对比文件 1 (参见说明书第 10 栏第 5 行至第 68 行,附图 7)具体公开了:油炸油信息,包括油炸的 TPM 值,石油,TPM 值根据水平分为好,替代和差,质量,分别为绿色,黄色和红色等级指标。因此在其引用的权利要求不具备创造性的情况下,该从属权利要求不具备创造性。

4、权利要求 5 不具备专利法第 22 条第 3 款规定的创造性

权利要求 5 是从属权利要求。对比文件 1 (参见说明书第 10 栏第 5 行至第 68 行,附图 7)具体公开了:公开了一种油炸锅,其包括配置成包含油炸油(12)的油炸罐加热器配置为加热煎炸油(65),TPM 传感器

210402
2018.8

纸件申请,回函请寄:100088 北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 国家知识产权局专利局受理处收
电子申请,应当通过电子专利申请系统以电子文件形式提交相关文件。除另有规定外,以纸件等其他形式提交的文件视为未提交。



国家知识产权局

单元配置为测量 TPM 煎炸油 (10) 的值, 配置为显示 TPM 值的显示器。该对比文件 1 没有公开配置为控制开/关操作的中央控制器和基于 TPM 值的加热器。而上述特征是本领域自动防止烹饪危险的惯用手段。因此在其引用的权利要求不具备创造性的情况下, 上述从属权利要求不具备创造性。

5、权利要求 6、8 不具备专利法第 22 条第 3 款规定的创造性

权利要求 6、8 分别是从属权利要求。对比文件 1 公开了 TPM 传感器单元, 其包括被配置为的支撑件 (82) 附在煎锅的内壁上 (图 3), 底部安装有 TPM 传感器部分; 其进一步包括可拆卸的 TPM 传感器单元 (10) 和 TPM 传感器单元包括支撑件 (82), 该支撑件 (82) 构造成附接在油炸锅的一侧 (图 3), TPM 传感器安装在底部并配置为测量 TPM 值。对比文件 3 (US4951558A) 公开了一种系统, 并具体公开了以下的技术特征 (参见说明书第 3 栏第 45 行至第 4 栏第 35 行, 附图 1): 配置为上下移动的滑块 (24,44) 在得到支持者的支持下 (26); 在由支撑件 (26) 支撑的同时向下 (24,44), 致动器被配置为驱动支撑件滑块 (44) 和计时器, 其被配置为设定致动器 (116; 132; 152) 的操作循环。该功能的优点是它允许油炸自动化。因此分别在其引用的权利要求不具备创造性的情况下, 上述从属权利要求不具备创造性。

6、权利要求 7 不具备专利法第 22 条第 3 款规定的创造性

权利要求 7 是从属权利要求。其附加技术特征是本领域的惯用手段。因此在其引用的权利要求不具备创造性的情况下, 该从属权利要求不具备创造性。

7、权利要求 9 不具备专利法第 22 条第 3 款规定的创造性

权利要求 9 请求保护一种煎炸油的实时酸价测定及酸价信息提供方法。对比文件 4 (CN1737571A) 公开了一种便携式终端及其食品新鲜度的检测方法, 并具体公开了以下的技术特征 (参见说明书第 3 页第 17 行至第 4 页第 16 行, 附图 1-3): 检测临近食品化学成分的阶段; 以食品生产后随着时间的经过而产生的化学成分和所经过的时间相匹配的数据库为基础, 根据上述检测出的化学成分查询所经过的时间的阶段; 显示所检索到的经过时间的阶段。该权利要求所要求保护的技术方案与对比文件 4 的区别在于: (1) 本申请为煎炸油的检测方法; (2) 在到店订购的情况下, 向卖场显示器传送上述总极性物质测定值及上述等级指标, 来在上述卖场显示器显示上述总极性物质测定值及上述等级指标的步骤; 在电话订购的情况下, 向销售时点信息终端传送上述总极性物质测定值及上述等级指标, 来在消费者终端显示上述总极性物质测定值及等级指标的步骤。

对于区别特征 (1), 对比文件 4 公开了一种食品新鲜度的检测方法, 而煎炸油属于食品的一种, 将其应用于煎炸油是本领域技术人员容易想到的。

对于区别特征 (2), 对于上述区别特征, 对比文件 2 (US2008222004A1) 公开了一种配置管理客户信息的 POS 终端, 并具体公开了以下的技术特征 (参见说明书第 [0041] 段, 附图 1): 包括分店的客户电话号码 (第 41 段); 集成服务器, 用于收集和分析客户信息 (110); 和客户终端配置为通过与 POS 终端的通信或集成

210402
2018.8

纸件申请, 回函请寄: 100088 北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 国家知识产权局专利局受理处收
电子申请, 应当通过电子专利申请系统以电子文件形式提交相关文件。除另有规定外, 以纸件等其他形式提交的文件视为未提交。



国家知识产权局

进行订购。而且该特征在对比文件 2 中所起的作用与其在本发明中为解决其技术问题所起的作用相同，都是用于提供服务。

由此可知，在对比文件 4 的基础上结合对比文件 2 以及本领域的惯用手段得出该权利要求所要求保护的技术方案，对本领域的技术人员来说是显而易见的，因此该权利要求所要求保护的技术方案不具有突出的实质性特点，因而不具备创造性。

8、权利要求 10 不具备专利法第 22 条第 3 款规定的创造性

权利要求 10 是从属权利要求，其附加技术特征是本领域提高食品安全性的惯用手段。因此在其引用的权利要求不具备创造性的情况下，该从属权利要求不具备创造性。

基于上述理由，本申请的独立权利要求以及从属权利要求都不具备创造性，同时说明书中也没有记载其他任何可以授予专利权的实质性内容，因而即使申请人对权利要求进行重新组合和 / 或根据说明书记载的内容作进一步的限定，本申请也不具备被授予专利权的前景。如果申请人不能在本通知书规定的答复期限内提出表明本申请具有新颖性和创造性的充分理由，本申请将被驳回。

审查员姓名:白桦
审查员代码:171139

210402
2018.8

纸件申请，回函请寄：100088 北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 国家知识产权局专利局受理处收
电子申请，应当通过电子专利申请系统以电子文件形式提交相关文件。除另有规定外，以纸件等其他形式提交的文件视为未提交。

3. 백금플레이트를 에칭 한 세라믹기판의 산화측정 센서의 추가적인 국내특허 출원을 검토 진행 중에 있으며 2019년 6월경 기술특허 및 디자인 특허출원 예정이다.

4. 식용오일의 산화도 측정 센서의 경우 실시간 상시 측정이 가능하며 이를 사용자 및 소비자에게 공유하기 위한 근거리 통신 TOOL(블루투스)을 이용하는 연구개발을 완료하였으며, 추가적으로 시중에서 판매되는 사양과 동일한 수동측정 계측기도 추가 개발이 가능하다.
5. 튀김기기와 산가측정 센서가 결합된 형태의 제품은 전 세계적으로 전무 한 상황이다. 하지만 본 연구의 핵심 기술인 산가측정 센서의 경우 현재 독일의 Testo사, 일본의 AG사가 중국의 업체에서 제조 및 판매를 하고 있으며, 독일의 제품의 경우 TPM (Total Polar Material)으로 수치화 하여 수동으로 측정하는 기술보유하고 있으며 일본 제품은 FFA(Free Fatty Acids, 유리지방산)와, TPM(Total Polar Material) 두 가지를 동시에 측정하는 기술보유하고 있다.
6. 독일과 일본 두 제품 모두 휴대성이 불편하고 수동형 계측기로 단순 기능에 비해 고가이고 특히 교정용 기준유의 사용 등 측정자의 측정기 매뉴얼 준수에 따라 측정값의 편차가 있고 불편한 단점이 있어 실사용자가 거의 없다.

제 2절 보유 특허 및 논문 분석을 통한 국내의 기술개발 현황

1. 탄소나노튜브 센서 및 탄소나노튜브센서를 이용한 식용 오일의 상태측정 장치 연구
가. 탄소나노튜브센서를 이용한 식용유지의 상태측정 장치 (주병권 외, 2012)
 - 논문 요약 : 식용유지는 상온에서 저장된 상태에서 산화 되거나, 또는 조리과에 자동산화, 가열산화, 가수분해 또는 가열중합 등의 형태로 산화 될 수 있다. 특히, 조리 과정에서 식용 오일을 반복하여 재사용 하는 경우, 인체에 해로운 화학 성분이 발생하게 된다. 탄소나노튜브 센서는 복수의 전극 사이에 형성되는 막을 이용하여 산화 물질에 의해 발생하는 전기 전도도의 변환 정도를 측정한다. 당사는 고려대 산학협력단의 특허를 이전받아 이를 활용하여 본 연구 개발을 완료하였다.
- 나. 탄소나노튜브센서를 이용한 식용오일 상태 측정 장치 논문내용으로 참고하여 개발



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0128894
(43) 공개일자 2012년11월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01N 27/02 (2006.01) G01N 33/03 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2011-0046823

(22) 출원일자 2011년05월18일

심사청구일자 2011년05월18일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울 성북구 안암동5가 1

(72) 발명자

주병권

서울특별시 종로구 평창10길 7-2 (평창동)

빈센트 라우 춘 파이

서울특별시 성북구 인촌로13길 18-19, 1층 (안암동2가)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인이지

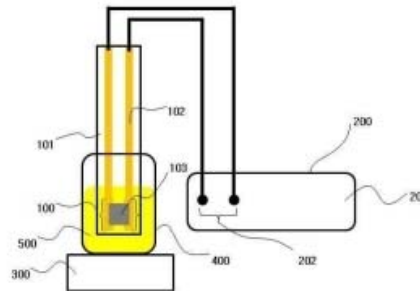
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 탄소나노튜브 센서 및 탄소나노튜브 센서를 이용한 식용 오일의 상태 측정 장치

(57) 요약

탄소나노튜브 센서 및 탄소나노튜브 센서를 이용한 식용 오일의 상태 측정 장치가 제공된다. 탄소나노튜브 센서는 복수의 전극 사이에 형성되는 탄소나노튜브 막 및 상기 탄소나노튜브 막의 상부에 형성되는 폴리머 막을 포함하고, 상기 탄소나노튜브 센서는 상기 폴리머 막이 형성된 상기 탄소나노튜브 막을 이용하여 산화 물질에 의해 발생하는 전기 전도도의 변화 정도를 측정한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

이양두

경기도 광명시 광복로21번길 13-1, 충청빌라 101호
(광명동)

이경수

서울특별시 강서구 화곡로63길 114, 미주 106-501
(등촌동, 진로아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 PA090685M0211613

부처명 서울시정개발연구원

연구사업명 특허기술상용화 기술개발 지원사업

연구과제명 2차년도[2단계]나노물질을 이용한 식용오일 산패 측정 장치 개발

주관기관 고려대학교 산학협력단

연구기간 2010.08.01 ~ 2011.06.30

특허청구의 범위

청구항 1

탄소나노튜브 센서에 있어서,

복수의 전극 사이에 형성되는 탄소나노튜브 막 및

상기 탄소나노튜브 막의 상부에 형성되는 폴리머 막

을 포함하고,

상기 탄소나노튜브 센서는 상기 폴리머 막이 형성된 상기 탄소나노튜브 막을 이용하여 산화 물질에 의해 발생하는 전기 전도도의 변화 정도를 측정하는 것인, 탄소나노튜브 센서.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 전극 사이에 전압을 인가하여 상기 전기 전도도의 변화를 측정하는 것인, 탄소나노튜브 센서.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 탄소나노튜브 막은, 탄소나노튜브 용액을 스프레이 도포하여 형성되는 것인, 탄소나노튜브 센서.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 탄소나노튜브 용액은,

단일벽 탄소나노튜브(Single-Walled Carbon Nanotube:SWCNT) 또는 다중 벽 탄소나노튜브(Multi-Walled Carbon Nanotube:MWCNT) 중 하나 이상과 디메틸포름아미드(N-N-dimethylformamide:DMF)가 혼합되어 생성되는 것인, 탄소나노튜브 센서.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 폴리머 막은 Polyethylenimine(PEI) 인 것인, 탄소나노튜브 센서.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 PEI는 20wt%의 PEI 용액과 메탄올을 혼합한 용액인 것인, 탄소나노튜브 센서.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 폴리머 막은 상기 탄소나노튜브 센서를 PEI 용액에 담근 후에 건조시켜 생성되는 것인, 탄소나노튜브 센서.

청구항 8

식용 오일의 상태 측정 장치에 있어서,

복수의 전극 사이에 형성되는 탄소나노튜브 막과 상기 탄소나노튜브 막의 상부에 형성되는 폴리머 막을 포함하는 탄소나노튜브 센서 및

상기 복수의 전극을 통해 상기 탄소나노튜브 센서로 전압을 인가하는 전압 공급부
를 포함하며,

상기 탄소나노튜브 센서는 상기 탄소나노튜브 막을 이용하여 산화 물질에 의해 발생하는 전기 전도도의 변화 정도를 측정하여 상기 식용 오일의 산화 정도를 측정하는 것인, 식용 오일의 상태 측정 장치.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 폴리머 막은 Polyethylenimine(PEI) 인 것인, 식용 오일의 상태 측정 장치.

청구항 10

제 8 항에 있어서,

상기 폴리머 막은 상기 탄소나노튜브 센서를 PEI 용액에 담근 후에 건조시켜 생성되는 것인, 식용 오일의 상태 측정 장치.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 탄소나노튜브(carbon nanotube; CNT) 센서 및 이를 이용한 식용 오일의 상태 측정 장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 식용 오일은 상온에서 저장된 상태에서 산화되거나, 또는 조리과정에서 자동산화, 가열산화, 가수분해 또는 가열중합 등의 형태로 산화될 수 있다. 특히, 조리 과정에서 식용 오일을 반복하여 재 사용하는 경우, 인체에 해로운 화학 성분이 발생하게 된다.

[0003] 산화된 오일의 주요 성분은 모노아실글리세롤(monoacylglycerols), 디아실글리세롤(diacylglycerols), 산화 triacylglycerols, 다이머(dimers), 트라이머(trimers), 폴리머(polymers), 히드로퍼옥시드(hydroperoxides), 유리 지방산(free fatty acid), 케톤(ketones), 알데히드(aldehydes), 알코올(alcohol) 및 에스테르(ester) 등이다. 오일을 반복 사용하게 되면 상기와 같은 성분들이 지속적으로 축적되므로 특정 시점에 오일을 교환할 필요가 있다.

[0004] 일반적으로, 식용 오일의 교환 시기는 시각 또는 후각 검사를 통해 주관적으로 판별하고 있다. 또는, 기계 장치를 이용하는 것도 가능한데, 종래의 장비는 분석시간이 상당히 오래 걸리는 등의 불편함이 있다.

[0005] 또한, 일부 오일 생산 업체에서 사용하고 있는 오일 산화 측정 장치는 고가의 수입 기기로 실수요자의 조리 현장에서 적용하기에는 어려운 문제점을 가지고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 상술한 종래의 문제점을 극복하기 위한 것으로서, 본 발명의 목적은 식용 오일 가열시 발생하는 산화 물질을 빠르고 정확하게 감지할 수 있는 측정 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 상기한 본 발명의 목적을 달성하기 위한 본 발명의 제 1측면에 따른 탄소나노튜브 센서는, 복수의 전극 사이에 형성되는 탄소나노튜브 막 및 상기 탄소나노튜브 막의 상부에 형성되는 폴리머 막을 포함하고, 상기 탄소나노튜브 센서는 상기 폴리머 막이 형성된 상기 탄소나노튜브 막을 이용하여 산화 물질에 의해 발생하는 전기 전도도의 변화 정도를 측정한다.

[0008] 여기서, 상기 탄소나노튜브 센서는 상기 복수의 전극 사이에 전압을 인가하여 상기 전기 전도도의 변화를 측정

- 할 수 있다.
- [0009] 여기서, 상기 탄소나노튜브 막은, 탄소나노튜브 용액을 스프레이 도포하여 형성될 수 있다.
 - [0010] 여기서, 상기 탄소나노튜브 용액은, 단일벽 탄소나노튜브(Single-Walled Carbon Nanotube:SWCNT) 또는 다중 벽 탄소나노튜브(Multi-Walled Carbon Nanotube:MWCNT) 중 하나 이상과 디메틸포름아미드(N-N-dimethylformamide:DMF)가 혼합되어 생성될 수 있다.
 - [0011] 여기서, 상기 폴리머 막은 Polyethylenimine(PEI)일 수 있다.
 - [0012] 여기서, 상기 PEI는 20wt%의 PEI 용액과 메탄올을 혼합한 용액일 수 있다.
 - [0013] 여기서, 상기 지정 장치는 수동 또는 자동으로 선택되며, 하나 이상 선택될 수 있다.
 - [0014] 여기서, 상기 위치 정보는 상기 모바일 단말 상에 표시되는 지도를 통해 입력될 수 있다.
 - [0015] 여기서, 상기 폴리머 막은 상기 탄소나노튜브 센서를 PEI 용액에 담근 후에 건조시켜 생성될 수 있다.
 - [0016] 또한, 본 발명의 제 2 측면에 따른 식용 오일의 상태 측정 장치는, 복수의 전극 사이에 형성되는 탄소나노튜브 막과 상기 탄소나노튜브 막의 상부에 형성되는 폴리머 막을 포함하는 탄소나노튜브 센서 및 상기 복수의 전극을 통해 상기 탄소나노튜브 센서로 전압을 인가하는 전압 공급부를 포함하며, 상기 탄소나노튜브 센서는 상기 탄소나노튜브 막을 이용하여 산화 물질에 의해 발생하는 전기 전도도의 변화 정도를 측정하여 상기 식용 오일의 산화 정도를 측정한다.
 - [0017] 여기서, 상기 폴리머 막은 Polyethylenimine(PEI)일 수 있다.
 - [0018] 여기서, 상기 폴리머 막은 상기 탄소나노튜브 센서를 PEI 용액에 담근 후에 건조시켜 생성되는 것일 수 있다.

발명의 효과

- [0019] 전술한 본 발명의 과제 해결 수단에 의하면, 고가의 장비나 복잡한 화학 분석 방법을 이용하지 않고도 식용 오일의 산화 상태를 확인할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0020] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른, 식용 오일 상태 측정 장치의 세부 구성도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른, 탄소나노튜브 센서의 구성도이다.
- 도 3a는 본 발명의 일 실시예에 따른, 탄소나노튜브 센서를 이용하여 측정된 식용 오일의 산화 정도에 따른 전기 저항 변화를 나타낸 그래프이다.
- 도 3b는 본 발명의 일 실시예에 따른, 탄소나노튜브 센서를 이용하여 식용 오일의 상태를 측정한 경우의 상대 저항 변화율을 나타낸 그래프이다.
- 도 4a는 본 발명의 일 실시예에 따른, 폴리머로 코팅된 탄소나노튜브 센서를 도시한 도면이다.
- 도 4b는 본 발명의 일 실시예에 따른, 폴리머로 코팅된 탄소나노튜브 막의 전자 현미경 사진이다.
- 도 5a는 본 발명의 일 실시예에 따른, 폴리머로 코팅된 탄소나노튜브 센서를 이용하여 측정된 식용 오일의 산화 정도에 따른 전기 저항 변화를 나타낸 그래프.
- 도 5b는 본 발명의 일 실시예에 따른, 폴리머로 코팅된 탄소나노튜브 센서를 이용하여 식용 오일의 상태를 측정한 경우의 상대 저항 변화율을 나타낸 그래프이다.
- 도 5c는 본 발명의 일 실시예에 따른, 폴리머로 코팅된 탄소나노튜브 센서의 저항 회복 특성을 도시한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0021] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 이를 상세한 설명을 통해 상세히 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로

- 이해되어야 한다.
- [0022] 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다. 또한, 본 명세서의 설명 과정에서 이용되는 숫자(예를 들어, 제1, 제2 등)는 하나의 구성요소를 다른 구성요소와 구분하기 위한 식별기호에 불과하다.
 - [0023] 또한, 본 명세서에서, 일 구성요소가 다른 구성요소와 "연결된다" 거나 "접속된다" 등으로 언급된 때에는, 상기 일 구성요소가 상기 다른 구성요소와 직접 연결되거나 또는 직접 접속될 수도 있지만, 특별히 반대되는 기재가 존재하지 않는 이상, 중간에 또 다른 구성요소를 매개하여 연결되거나 또는 접속될 수도 있다고 이해되어야 할 것이다.
 - [0024] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명을 상세히 설명하기로 한다.
 - [0025] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른, 식용 오일 상태 측정 장치의 세부 구성도이다.
 - [0026] 식용 오일 상태 측정 장치는 탄소나노튜브 센서(100) 및 전원부(200)를 포함한다.
 - [0027] 식용 오일 상태 측정 장치는 전원부(200)를 통해 일정 전압이 가해진 탄소나노튜브 센서(100)를 식용 오일(500)에 넣어서 식용 오일(500)의 산화 정도를 측정한다.
 - [0028] 예를 들어, 식용 오일 상태 측정 장치는 용기(400) 안에 식용 오일(500)을 넣고 가열기(300)를 이용하여 식용 오일(500)을 가열하여 식용 오일(500)을 산화 시키고, 이후, 산화된 식용 오일(500)에 탄소나노튜브 센서(100)를 넣고 전원부(200)를 통해 전압을 인가하여 전기 전도도의 변화를 측정한다.
 - [0029] 탄소나노튜브 센서(100)의 제조 방법은, 우선, 기관(101) 상에 두 개의 전극(102)을 형성하고, 상기 기관(101) 및 전극(102) 상에 탄소나노튜브 용액을 도포하여 탄소나노튜브 막(103)을 형성한다. 이 경우, 전극(102)은 기관(101) 상에 진공증착법 또는 이에 상응하는 방법을 이용하여 증착되거나 금속 페이스트를 프린팅하는 방법을 이용하여 제조될 수 있다.
 - [0030] 이 경우, 기관(101) 및 전극(102)에 탄소나노튜브 막을 생성시키는 방법은 종래의 제조 방법을 이용할 수 있다. 예를 들어, 탄소나노튜브 막(103)은 스프레이 방식을 통해 기관(101) 및 전극(102)에 탄소나노튜브 용액을 도포하여 생성할 수도 있다. 또한, Drop-casting 또는 vacuum filtration로 탄소나노튜브 막을 생성할 수도 있다. 이 때, 전극(102)이 형성된 기관(101)을 핫 플레이트 위에 위치시키고, 핫 플레이트를 통해 일정한 온도로 열을 가하며 상기 탄소나노튜브 용액을 도포할 수 있다. 본 실시예에서는 핫 플레이트의 온도를 160도에서 180도 범위 내의 일정한 온도로 유지하였다.
 - [0031] 여기서, 기관(101)은 유리 기관, 실리콘 기관 및 알루미늄 기관 등일 수 있다. 또한, 전극(102)은 금(Au), 백금(Pt) 등을 이용할 수 있다. 상기의 제조 예를 통해 제조된 탄소나노튜브 센서(100)는 도 2에 도시되어 있다.
 - [0032] 전원부(200)는 식용 오일의 상태를 측정하기 위해 상기 탄소나노튜브 센서(100)로 일정한 전압을 인가한다. 구체적으로, 전원부(200)는 전압 공급부(201) 및 센서 연결부(202)를 포함하며, 전압 공급부(201)는 상기 전극(102)으로 일정 전압을 인가한다. 본 실시예에서는 1V를 인가하였다. 또한, 센서의 초기 전류는 10 μ A ~ 10mA 사이에 흘러 줄 수 있는 일정 전압을 가한다. 전압 공급부(201)에서 인가된 전압은 센서 연결부(202)를 통해 전극(102)에 인가된다. 탄소나노튜브 센서(100)는 상기 전극(102) 사이에 흐르는 전류 또는 저항을 측정하여, 식용 오일(500)의 가열 시 발생하는 산화 물질에 따라 변화되는 전기 전도도의 변화 정도를 탄소나노튜브 막(103)을 이용하여 측정할 수 있다.
 - [0033] 본 발명에 따른 탄소나노튜브 용액의 제조 방법은, 예를 들어, 1mg의 탄소나노튜브에 30ml의 디메틸포름아미드(N-N-dimethylformamide:DMF) 용액을 일정 시간 동안 초음파기로 분산시킨다. 본 실시예에서는 약 2시간 동안 초음파기로 분산시켰다. 이후, 원심분리기를 이용하여 분산된 탄소나노튜브 용액으로부터 탄소나노튜브 번들을 제거한 후 안정된 탄소나노튜브 용액을 취득할 수 있다. 본 실시예에서는 약 15분 동안 15000rpm으로 원심분리기를 동작시켰다. 상기와 같이, 흡수 영역에서의 탄소나노튜브의 번들을 제거함으로써 결합에너지를 낮출 수 있고, 이에 따라 센서의 원래 상태로의 회복을 빠르게 할 수 있다.
 - [0034] 도 3a 및 도 3b는 탄소나노튜브 센서를 이용하여 식용 오일의 상태를 측정할 경우의 그래프이다. 본 실시예에서는 식용 오일의 산화 정도를 측정하기 위해 대두유를 이용하였으며, 대두유 이외에 카놀라유, 포도씨유 등의 다른 식용 오일을 이용할 수도 있다.
 - [0035] 우선, 대두유를 가열판(300)을 이용하여 180도 정도로 잘 저으면서 가열한다. 이후, 일정 시간 간격으로 가열된

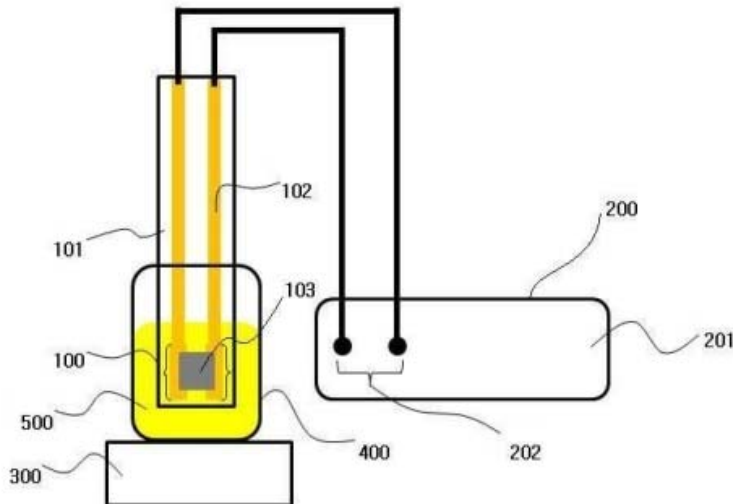
- 오일을 채취하여 상온으로 식힌 후에 각각의 산가(acid value)를 측정한다. 본 실험에서는 일정 시간 간격으로 총 다섯 번을 채취하여 산가를 측정하였으며, 측정된 5개의 샘플의 산가는 각각 0.2 mg KOH/g(New oil), 0.8 mg KOH/g, 1.2 mg KOH/g, 1.6 mg KOH/g 및 2.0 mg KOH/g이다.
- [0036] 탄소나노튜브 센서(100)를 이용한 오일 샘플의 측정 방법은, 우선, 상기 탄소나노튜브 센서를 오일 샘플에 침지시킨 다음, 5분 경과 후에 탄소나노튜브 센서를 꺼내서 대기 중에 5분간 노출시킨다. 이후, 상기 노출된 탄소나노튜브 센서를 다음 번 샘플에 침지시켜 산도를 측정하고 5분 경과 후에 다시 꺼내서 5분간 대기 중에 노출시킨다. 이와 같은 반복 과정을 통해 상기 5개의 오일 샘플들을 낮은 산가에서 높은 산가의 순으로 순서대로 측정한다.
 - [0037] 도 2b에 도시된 그래프를 보면, 상기 과정을 반복할 때마다 초기 상태 저항으로 회복되지 않고 계속 낮아지는 것을 알 수 있다. 또한 도 2c에 도시된 바와 같이, 상태 저항 변화율도 계속 감소하는 것을 알 수 있다.
 - [0038] 상기에서 살펴 본 바와 같이, 탄소나노튜브 센서를 반복해서 식용 오일에 침지하여 사용하는 경우에는 초기 저항값을 회복하지 못하는 것을 알 수 있다. 일반적으로 산(acids)은 전자 수용체로 기능하며, 이로 인해 p-type 탄소나노튜브의 채널의 저항값을 감소시키게 된다. 상기 측정된 결과에서는 자유 지방산(free fatty acids)이 탄소나노튜브 센서에 이와 같은 영향을 미치므로 상기와 같은 저항값의 감소가 발생된다.
 - [0039] 이와 같은 탄소나노튜브 센서의 회복 특성을 개선하기 위해, 탄소나노튜브 센서의 표면을 폴리머로 코팅하여 기능화할 수 있다. 여기서, 폴리머는 PEI(Polyethylenimine)일 수 있다.
 - [0040] 도 4a는 본 발명의 일 실시예에 따른, 폴리머로 코팅된 탄소나노튜브 센서를 도시한 도면이다.
 - [0041] 도 4a에서, 탄소나노튜브 센서(100)의 제조 방법은, 우선, 기관(101) 상에 두 개의 전극(102)을 형성하고, 상기 기관(101) 및 전극(102) 상에 탄소나노튜브 용액을 도포하여 탄소나노튜브 막(103)을 형성한다. 이 경우, 전극(102)은 기관(101) 상에 진공증착법 또는 이에 상응하는 방법을 이용하여 증착되거나 금속 페이스트를 프린팅하는 방법을 이용하여 제조될 수 있다.
 - [0042] 이 경우, 기관(101) 및 전극(102)에 탄소나노튜브 막을 생성시키는 방법은 종래의 제조 방법을 이용할 수 있다. 예를 들어, 탄소나노튜브 막(103)은 스프레이 방식을 통해 기관(101) 및 전극(102)에 탄소나노튜브 용액을 도포하여 생성할 수도 있다. 또한, Drop-casting 또는 vacuum filtration을 이용하여 탄소나노튜브 막을 생성하는 것도 가능하다. 이 때, 전극(102)이 형성된 기관(101)을 핫 플레이트 위에 위치시키고, 핫 플레이트를 통해 일정한 온도로 열을 가하며 상기 탄소나노튜브 용액을 도포할 수 있다. 본 실시예에서는 핫 플레이트의 온도를 160도에서 180도 범위 내의 일정한 온도로 유지하였다.
 - [0043] 여기서, 기관(101)은 유리 기관, 실리콘 기관 및 알루미늄 기관 등일 수 있다. 또한, 전극(102)은 금(Au), 백금(Pt) 등을 이용할 수 있다.
 - [0044] 이후, 상기 제조된 탄소나노튜브 센서(100)를 PEI 용액에 일정 시간 담근 후에 상온에서 건조시킨다. 이 때, 탄소나노튜브 센서(100)가 PEI 용액에 의해 충분히 코팅될 수 있도록 충분한 시간 동안 침지시키는 것이 바람직하다. 본 실시예에서는 탄소나노튜브 센서(100)를 PEI 용액에 1 ~ 2 시간 동안 침지시킨 후, 메탄올을 이용하여 수 회 린스 처리하고, 상온에서 24시간 동안 건조시켜서 코팅하였다. 이때, 본 실시예에서는 20wt%의 PEI와 메탄올을 혼합하여 상기 PEI 용액을 생성하였지만, PEI 코팅 효과를 내기에 충분하도록 20wt%보다 높은 웨이트 퍼센트(wt%)의 PEI를 이용해도 무방하다. 상기 과정을 통해 탄소나노튜브 막(103)의 표면에 폴리머 막(104)이 생성될 수 있다. 도 4b는 상기 과정을 통해 폴리머로 코팅된 탄소나노튜브 막의 전자 현미경 사진이다.
 - [0045] 이 때, 상기 탄소나노튜브 막(103)의 표면에 폴리머 막(104)을 생성하는 과정은 상기의 방법 이외에도 다양한 방법을 이용할 수 있으며, 이러한 폴리머 막(104)의 생성 방법은 본 발명의 권리범위를 한정하지 않는다.
 - [0046] 상기와 같이 생성된 탄소나노튜브 센서(100)를 이용하여 식용 오일의 산도를 측정하였다. 도 5a는 폴리머로 코팅된 탄소나노튜브 센서를 이용하여 측정된 경우에 오일의 산화 정도에 따른 전기 저항 변화를 도시하고 있으며, 도 5b는 폴리머로 코팅된 탄소나노튜브 센서를 이용하여 측정된 경우에 상대적 저항 변화율을 측정한다.
 - [0047] 우선, 대두유를 가열관(300)을 이용하여 180도 정도로 잘 저으면서 가열한다. 이후, 일정 시간 간격으로 가열된 오일을 채취하여 상온으로 식힌 후에 각각의 산가(acid value)를 측정한다. 본 실험에서는 앞선 실험과 동일하게 일정 시간 간격으로 총 다섯 번을 채취하여 산가를 측정하였으며, 측정된 5개의 샘플의 산가는 각각 0.2 mg

KOH/g(New oil), 0.8 mg KOH/g, 1.2 mg KOH/g, 1.6 mg KOH/g 및 2.0 mg KOH/g이다.

- [0048] 도 5a에 도시된 바와 같이, 폴리머를 코팅한 탄소나노튜브 센서를 이용하는 경우에는 식용 오일에서 꺼내서 대기 중에 노출시키면 초기의 상태 저항값으로 빠르게 회복하는 것을 알 수 있다. 또한, 도 5b에 도시된 바와 같이, 각각의 샘플들의 산가가 증가할수록 상태 저항 변화율도 증가하는 것을 알 수 있다.
- [0049] 또한, 폴리머 코팅된 탄소나노튜브 센서를 산가 1.6mg KOH/g의 식용 오일 샘플 속에 5분간 침지시킨 다음, 탄소나노튜브 센서를 5분간 대기 중에 노출시키는 과정을 4회 반복한 경우에 폴리머 코팅된 탄소나노튜브 센서의 전기적 저항의 변화는 도 5c에 도시되어 있다. 도 5c에서, 폴리머를 코팅한 탄소나노튜브 센서는 동일 샘플을 반복하여 측정하는 경우에도 전기적 저항이 훨씬 빠르게 회복되는 것을 알 수 있다.
- [0050] 상기에서 설명한 바와 같이, 탄소나노튜브 막을 구비한 센서보다 탄소나노튜브 막 위에 폴리머 막을 코팅한 센서가 식용 오일의 산화 정도를 더욱 효과적으로 구별할 수 있고, 센서가 원래 상태로 회복되는 속도 또한 현저히 빨라지는 효과가 발생함을 알 수 있다.
- [0051] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다.
- [0052] 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.
- [0053] 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

도면

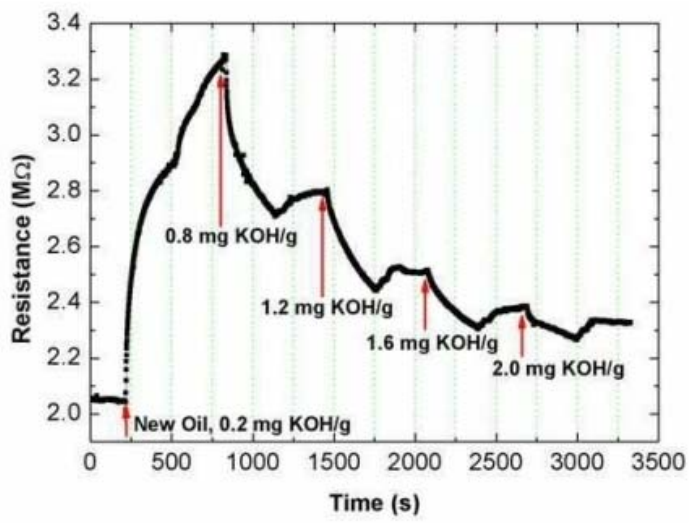
도면1



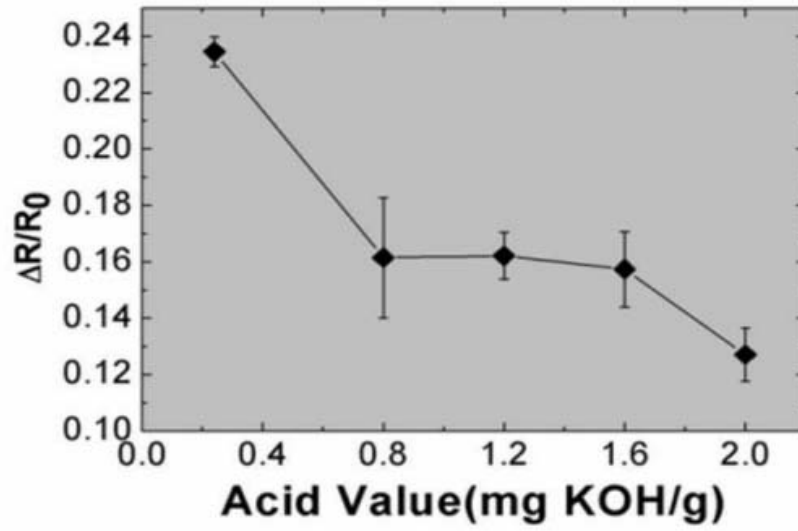
도면2



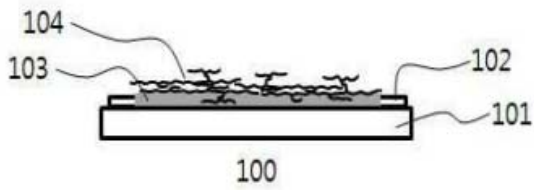
도면3a



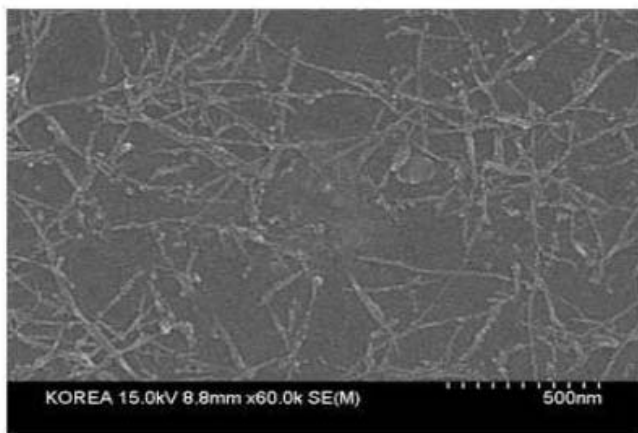
도면3b



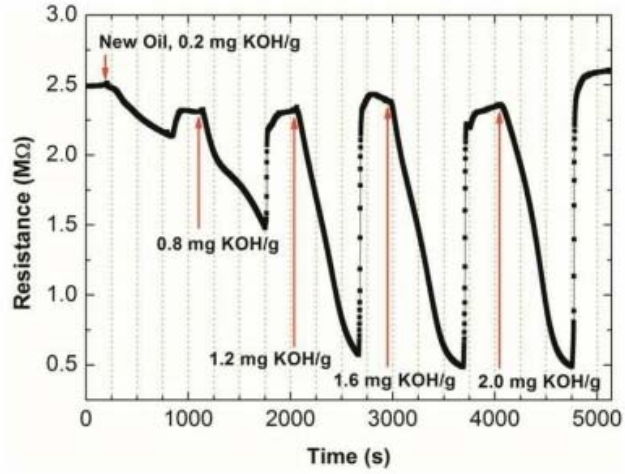
도면4a



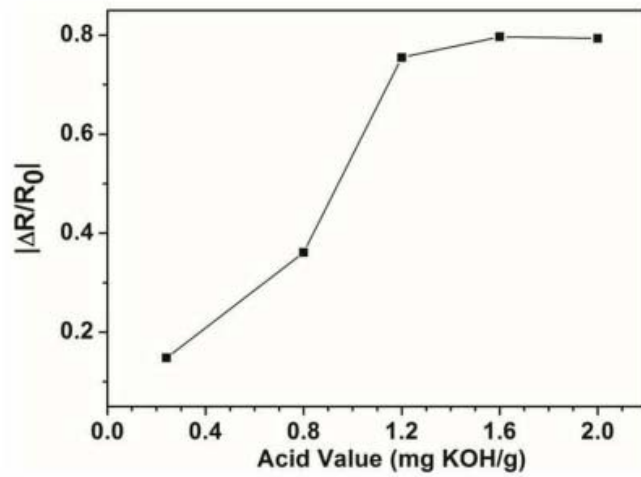
도면4b



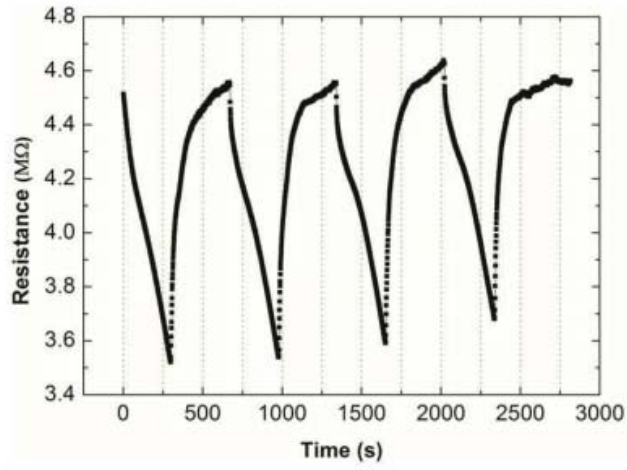
도면5a



도면5b



도면5c



Development and Evaluation of an Impedance Spectroscopy Sensor to Assess Cooking Oil Quality

A. Y. Khaled, S. A. Aziz, and F. Z. Rokhani

Abstract—When the cooking oil is used repeatedly, several unwanted substances are generated, which may cause health problems. This study was conducted to determine the possibility of using the impedance spectroscopy to differentiate among varying cooking oil quality at various intervals of heating time at constant temperature. The frequency has started from 100 Hz to 100kHz. Fresh, 10-hour, 20-hour, 30-hour, and 40-hour heated cooking oil was prepared by using lab oven at temperature of 180°C. In this study, a sensing probe was designed to measure the electrical properties of the oil samples. The oil samples were analyzed using a viscometer to measure the viscosity of the oil, a sensor to measure total polar compound (TPC), and an impedance probe connected to a LCR meter to measure the electrical properties of the oil. The measurements were analyzed and correlated with oil quality parameters obtained from a viscometer and a sensor of TPC. The discrimination between different heated hours of oil samples was examined and the results were compared to their physico-chemical properties such as viscosity and total polar compounds. The effect of heating of frying oils were successfully evaluated and discriminated using the impedance spectroscopy. Significant correlations ($r = -0.98472$) were found between changes in total polar compound properties of oil and the impedance values.

Index Terms—Impedance, cooking oil, interdigitated sensor, total polar compound.

I. INTRODUCTION

Controlling quality of cooking oil becomes essential in fried food industries. During frying, various chemical processes occurred like hydrolysis, thermal oxidation, and polymerization. These occurred in the presence of water produced by food being fried, oxygen and high temperature, leading to decomposition of the food which badly affect the flavor and color [1]-[3]. In addition, using oil continuously or repeatedly without monitoring the quality may hazardous to human health [4]-[6].

Many criterias are been used to evaluate whether the oil can be used again or need to be discarded. These criteria can be divided into physical and chemical indicators. In homes,

Manuscript received August 10, 2013; revised October 10, 2013. This work was supported in part by the Prototype Research Grant Scheme, Ministry of Higher Education, project number 5528400, Development and Evaluation of an Impedance Spectroscopy Sensor to Assess Cooking Oil Quality.

A. Y. khaled is with Faculty of Engineering, Universiti Putra Malaysia (e-mail: f_yahya87@yahoo.co.in).

S. Abd Aziz was with Universiti Putra Malaysia. She is now the head department of Department of Biological & Agricultural Engineering, MALAYSIA (e-mail: suzana@eng.upm.edu.my).

F. Z. Rokhani is with Computer and Communication System Department, Faculty of Engineering, Universiti Putra Malaysia, Malaysia (e-mail: fzd@eng.upm.edu.my).

cafeterias, restaurants and food service, the indicator is the change in physical properties of the frying oil, such as too much smoke, the oil becomes dark, greased texture, and strong odor [7]. However, these changes may only manifest when the oil quality has already become unusable. On the other hand, chemical properties such as; free fatty acid (FFA) [8], total polar compounds (TPC) [9], index value (IV), and peroxide value (PV) of the frying oil [10] are the proper pointer for evaluating the oil quality during frying. In laboratories and industries, chemical test is been used to determine oil quality. However, it's time consuming, expensive and expertise is required to conduct the appraisal.

Several technical methods are used to assess oil quality such as image analysis to determine the total polar compound [11], column chromatography [12], and Fourier Transform Infrared (FTIR) [13], however, these methods are time consuming and laborious. Therefore, more fast and easy analytical method should be considered for evaluation cooking oil quality. In this study, we developed impedance sensor probe using impedance spectroscopy technique. The objective of this study is to develop and evaluate a sensing system to assess cooking oil quality. Specifically, this study was trying to correlate the impedance measurement of the heated oil with the TPC value at different frequency.

II. MATERIALS AND METHODS

A. Sample Preparation

Palm oil was bought from local market and of good quality. The oil was divided into five samples of 150ml each; unheated, 10 hours heated, 20 hours heated, 30 hours heated, and 40 hours heated, as shown in Fig. 1.



Fig. 1. Oil samples kept in the amber glass bottles.

The heating time of the five samples was ranges from 0 to 40 hours (10 hours interval for each sample) and was heated in an oven at $180 \pm 3^\circ\text{C}$. All cooking oil samples were kept at 20°C until further analysis. These samples were used to evaluate the quality of the oil by knowing the change of

impedance at different heating times.

B. Impedance Sensing Probe Design

The sensor used is the planar-interdigitated electrodes, between and around which the oil conductance is measured. The sensor was designed by using Traxmaker program. The sensor structure was designed with some variables, where n is referred to the number of electrode teeth, d is a fixed separation distance between the teeth, A is the area which arranged in parallel, as shown in the Fig. 2 and ϵ_r is the relative permittivity of the dielectric material. This sensor configuration is referred to as two interdigitated electrodes. The bonding pads connect the interdigitated electrode with soldering wires area. This sensor was 20 mm by 10 mm in size with the interdigitated electrode structure patterned on one side of the copper foil. The back side of the PCB under the sensor electrodes had a solid layer of solder mask. This sensor had 30 electrode teeth. The electrodes are supported by a rigid substrate so the sensor structure does not change with contraction, pressure or expansion of the cooking oil samples.

The impedance value depends on the capacitance measurements from the sensor. The capacitance values can be affected by electric flux and fringing fields. When the distance of electrode separation is much smaller than the magnitude of the area in overlaps tooth, the capacitance between opposing teeth is due to electric flux and is not due to fringing field effect. However, since the border around two parallel plate electrodes with same distance separation and overlapping area is much smaller the perimeter around the teeth, in this case consider the fringing effect greater in interdigitated electrode. When the separation distance is in the same order as the height of the teeth, much of the capacitance will be as a result of the fringing field outside of the space directly between the interdigitated teeth. The density of electric flux changed in the sensor's surface attributed to the dielectric constant changes of cooking oil.

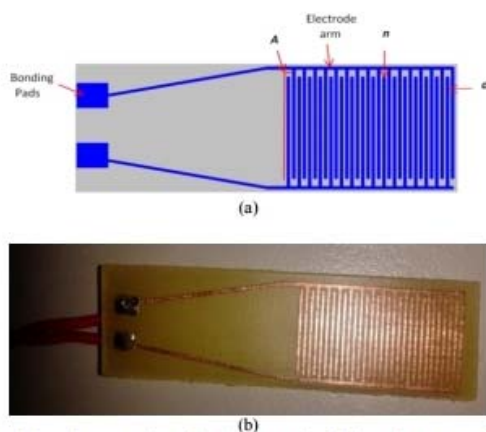


Fig. 2. Impedance sensing probe (a), schematic of the impedance sensor (b), photograph prototype of the sensor.

C. Measuring the Oil Quality

The TPC of each sample was examined using Testo (Cooking oil sensor 270 manufacturer by Testo). Then the

impedance measurement for the samples was performed at 60°C temperature. Using the impedance sensing probe connected to a LCR meter with two parallel clips (HIOKI, 3532-50, Japan, frequency accuracy: $< \pm 0.005\%$, measurable impedance range: 10.00m Ω ~ 200.00m Ω), as shown in Fig. 3. The frequency range used was from 100Hz to 100kHz. The viscosity (mPa.s) of the samples was also measured using Vibro Viscometer (SV-10 Series, A&D Company, Limited). Since the properties of the oil can be changed with the temperature of oil, all measurement was taken at a constant temperature. After each testing the sensing probe was cleaned with soft tissue before next testing. Each measurement was conducted five times.

III. RESULTS AND DISCUSSION

A. Oil Viscosity Measurements

The viscosity of palm oil samples increased significantly as the heating hours increased. In the testing of oil viscosity the temperature was constant at 60°C to avoid the thermal movement among molecules [14]. The viscosity value of the unheated oil is 18.9mPa.s while in the 40 heating hours the viscosity is 26.8mPa.s as shown in Table I. These results may be explained by the fact that the increasing of saturation of the oil constituents [15]. Moreover, the increasing of viscosity is related to the polymer content. Polymerization also has been assigned to the construction of unwanted compounds. Additionally, the quality and palatability can be affected by the viscosity during the heating directly by influencing the oil absorption of the product [16].

B. Total Polar Compounds Measurements

The TPC increased significantly with prolonged heating time. It has been recommended that when the TPC is more than 24-27%, the oil should be discarded [17]. The amount of polar compounds in fresh oil was 7.5% and reached to 27% after 40 h heating as shown in Table II. Changes in the polar compounds during heating were significantly of formed new compounds that have higher polarity such as diacylglycerides, triglycerides, and fatty acids [18]. These new compounds formed due to high temperature during heating as well as the presence of air and moisture.

TABLE I: THE MEASUREMENT DATA OF VISCOSITY AND TOTAL POLAR COMPOUNDS

Oil samples	Viscosity mPa.s	TPC %
Nonheated	18.9	7.5
10 hours heating	22.1	11
20 hours heating	22.9	16
30 hours heating	26	22.5
40 hours heating	26.8	27

C. Oil Impedance Measurement

As shown in Fig. 3, the impedance of the unheated oil samples as function of frequency has highest impedance values comparing to heated samples. While the 40 hours heated sample has the lowest impedance values. The variations of these results are possibly due to dipole content in the fat particularly the phospholipid [19]. Also, in the graph, impedance values decreased over the range of

frequency (100Hz to 100kHz). The dipole density and electric susceptibility increased, as the amount of the fat in the oil increased. This leads to the decrement of the impedance of the oil samples. We also could see in the figure shown, a clear difference of the impedance value of the oil

samples at low frequency ranges. However, at high frequency all the impedance measurement values are overlapped. Significant correlation found in Fig. 4, the correlation between the impedance values with the total polar compounds at frequency 100Hz with r^2 of -0.98472.

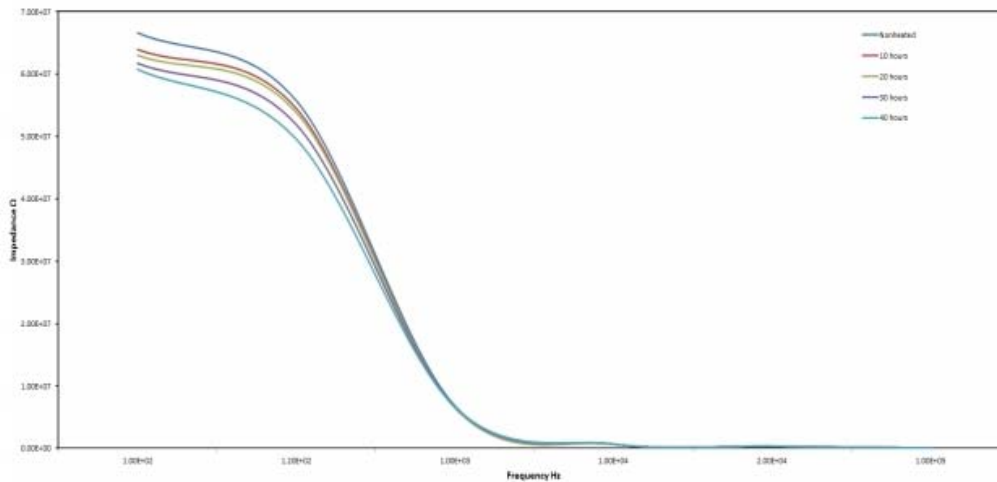


Fig. 3. Impedance of different heated oil samples across frequency between 100Hz to 100kHz.

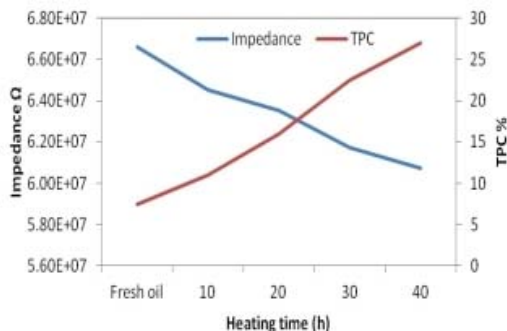


Fig. 4. The correlation of impedance and total polar compound of heated oil sample at 100Hz.

IV. CONCLUSION

The result in this study shows a significant correlation between impedance value and TPC at different heating intervals (hours). Impedance spectroscopy method can be considered as an alternative method for measuring oil quality.

ACKNOWLEDGMENT

This study is funding by Prototype Research Grant Scheme, Ministry of Higher Education, and project number 5528400.

REFERENCES

[1] W. L. Clark and G. W. Serbia, "Safety aspects of frying fats and oils," *Food Technology*, vol. 45, no. 2, pp. 84-89, 1991.
 [2] B. Innawong, P. Mallikarjunan, and J. E. Marcy, "The determination of frying oil quality using a chemosensory system," *LWT-Food Science and Technology*, vol. 37, no. 1, pp. 35-41, 2004.

[3] M. Hein, H. Henning, and H. D. Isengard, "Determination of total polar parts with new methods for the quality survey of frying fats and oils," *Talanta*, vol. 47, no. 2, pp. 447-454, 1998.
 [4] B. Innawong, P. Mallikarjunan, J. Irudayaraj, and J. E. Marcy, "The determination of frying oil quality using Fourier transform infrared attenuated total reflectance," *LWT-Food Science and Technology*, vol. 37, no. 1, pp. 23-28, 2004.
 [5] F. T. Orthofer, "Care of food service frying oils," *Journal of the American Oil Chemists' Society*, vol. 65, no. 9, pp. 1417-1419, 1988.
 [6] K. S. Lee, K. Lee, V. Lau, K. Shin, and B. K. Ju, "SWNT sensors for monitoring the oxidation of edible oils," *World Acad. Sci. Eng. Tech.*, vol. 74, pp. 385-388, 2011.
 [7] R. G. Moreira, M. E. Castell-Perez, and M. A. Barrufet, "Frying oil characteristics," *Deep-Fat Frying Fundamentals and Applications*, Gaithersburg, MD: Aspen Publishers Inc., pp. 33-74, 1999.
 [8] N. Frega, M. Mozzon, and G. Lercker, "Effects of free fatty acids on oxidative stability of vegetable oil," *Journal of the American Oil Chemists' Society*, vol. 76, no. 3, pp. 325-329, 1999.
 [9] P. J. White, "Methods for measuring changes in deep-fat frying oils," *Food Technology*, vol. 45, no. 2, pp. 75-80, 1991.
 [10] N. Gotoh, and S. Wada, "The importance of peroxide value in assessing food quality and food safety," *Journal of the American Oil Chemists' Society*, vol. 83, no. 5, pp. 473-474, 2006.
 [11] B. Gil, Y. J. Cho, and S. H. Yoon, "Rapid determination of polar compounds in frying fats and oils using image analysis," *LWT-Food Science and Technology*, vol. 37, no. 6, pp. 657-661, 2004.
 [12] A. Cert, W. Moreda, and M. C. Pérez-Camino, "Chromatographic analysis of minor constituents in vegetable oils," *Journal of Chromatography A*, vol. 881, no. 1, pp. 131-148, 2000.
 [13] N. Vlachos, Y. Skopelitis, M. Psaroudaki, V. Konstantinidou, A. Chatzilazarou, and E. Tegou, "Applications of Fourier transform-infrared spectroscopy to edible oils," *Analytica Chimica Acta*, vol. 573, pp. 459-465, 2006.
 [14] R. Kahn, D. Stehli, L. S. Wei, M. P. Steinberg, and N. Yamashita, "Activity and mobility of water in sweetened concentrated dislodged soy beverages and their rheological properties," *Journal of Food Science*, vol. 55, no. 2, pp. 537-542, 1990.
 [15] J. C. O. Santos, I. M. G. Santos, and A. G. Souza, "Effect of heating and cooling on rheological parameters of edible vegetable oils," *Journal of Food Engineering*, vol. 67, no. 4, pp. 401-405, 2005.
 [16] E. Kress-Rogers, P. N. Gillatt, and J. B. Rossell, "Development and evaluation of a novel sensor for the in situ assessment of frying oil quality," *Food Control*, vol. 1, no. 3, pp. 163-178, 1990.

- [17] D. Firestone, "Worldwide regulation of frying fats and oils," *Inform.* vol. 4, pp. 1366–1371, 1993.
- [18] M. D. C. Flores-Álvarez, E. F. Molina - Hernández, J. C. Hernández - Raya, and M. E. Sosa - Morales, "The effect of food type (fish nuggets or french fries) on oil blend degradation during repeated frying," *Journal of Food Science*, vol. 77, no. 11, pp. c1136-c1143, 2012.
- [19] S. Aditama, "Dielectric properties of palm oils as liquid insulating materials: effects of fat content," in *Proc.2005 International Symposium on IEEE, Electrical Insulating Materials*, vol. 1, pp. 91-94, June 2005.



Alfadhi Yahya Khaled is from Yemen. He received his Undergraduate Degree in Engineering (Honours) Electronics majoring in Bio-Instrumentation, Faculty of Engineering, Multimedia University, Melaka, Malaysia in 2012.

He is currently studying Master of Science, Agricultural Mechanization and Automation in Faculty of Engineering, Universiti Putra Malaysia, Selangor, Malaysia.

Mr. Yahya is in the development and Evaluation of an Impedance Spectroscopy Sensor to Assess Cooking Oil Quality. Mr. Yahya awarded a silver middle from i-ENVEX 2013.



Samsuzana Abd Aziz is from Malaysia. She received Bachelor of Engineering in Electrical Telecommunication from Universiti Teknologi Malaysia in 2002 and then pursued her Master and Ph.D. in Agricultural Engineering at Iowa State University, USA. Currently, she is in the Head Department of Biological & Agricultural Engineering, Universiti Putra Malaysia and her research interest are mainly on Agricultural and Biosystems Instrumentation, and GIS. Dr. Samsuzana is the vice president of MSAE, treasurer of IEEE GOLD Affinity Group and member of ASABE, and BEM. She had received many international and national awards for her respective research work.



Fakhrol Zaman Rokhani is from Malaysia. He received his B. Eng. with Honor in Electrical-Mechatronics Engineering, Universiti Teknologi Malaysia, M.Sc. in Electrical Engineering, University of Minnesota, USA, and Ph.D. in Electrical Engineering, University of Minnesota, USA.

He is currently a lecturer in department of Computer and Communication System, Universiti Putra Malaysia. And his research interest are mainly on Nano-scale VLSI design and sensor design. Dr. Fakhrol is a member of Institute of Electrical and Electronics Engineers (MIEEE) and member of International Association of engineers (IAENG). He had received many international and national awards for his respective research work.

Determining the deterioration of cooking oil can be based on the change either in chemical or physical properties of the oil. The advantages of physical parameters comparing to chemicals are, it is obvious to observe, easy to detect, and don't need complex experiments. However, changes in physical properties mostly detected when the oil already unusable. These changes can be seen when the cooking oil becomes dark, has a strong odor, and has too much smoke (Moreira et al., 1999). While, chemical properties are considered the best indicator to evaluate the quality level of cooking oil. The common parameters are total polar compound (TPC), free fatty acid (FFA), peroxide value (PV), polymeric triglycerides (PTG), and iodine value (IV) of the frying oil. A TPC is the most crucial and broadly known parameter that can be utilized to decide whether or not the used oil should be discarded. TPC is considered the best indicator comparing to other chemical parameters since it refers to all the degraded products in frying oil (Bansal et al., 2010).

Many technical approaches are being used to evaluate oil quality, for example image analysis to determine the TPC (Gil et al., 2004), Fourier transform infrared (FTIR) to differentiate between good and unacceptable oils (Vlachos et al., 2006), and column chromatography to measure the TPC percentage in the oil (Cert et al., 2000). However, these methods are time consuming as well as laborious to be performed. Therefore, more fast and easy analytical technique should be considered to develop and assess the quality of cooking oil. In this subject field, development of an impedance sensor probe was conducted using an impedance spectroscopy technique to correlate the impedance measurement with the TPC parameter. The aim of this work was to develop and assess an impedance sensing system for cooking oil quality appraisal.

2 Materials and methods

2.1 Impedance Sensor Probe Design

The impedance sensor probe was designed based on interdigitated electrodes (IDE) structure as shown in figure 1 (a). The IDE configuration have many advantages compare to other configurations. Some of IDE features are flexible in design, ease of fabrication, no moving parts, cost effectiveness, and one-side access to the sensing layer (Staginus et al., 2013). The sensor design was drawn using a CAD software before the photomask of the sensor was created. The sensor consists of two areas; the sensing area, which will be immersed in the testing oil, and the bonding pad area, which connected to the LCR meter using wires. The total area of the designed IDE sensor was 18.5 mm by 11.5 mm.

The electrode material used in this sensor was 100 angstroms titanium/2000 angstroms of gold. The gold has been chosen because it has very low resistance. In addition, there was insulating layer between interdigitated finger electrodes and gold bonding pads made from 1000 angstroms of silicon dioxide (SiO₂). This sensor was supported by a rigid substrate made from highly polished alumina (Al₂O₃) as shown in figure 1 (b).

The electrode width (w), spacing (s), length of electrode (L), and the number of electrodes (N) are 100 μm, 60 μm, 8 mm, and 41, respectively. Where these dimensions have been characterized to fulfill the requirements for detecting the change of cooking oil quality. The equation of impedance is given by:

$$Z = \frac{s \cdot (N - 1)}{2\pi f \epsilon A}$$

where the f is the input frequency, which in this case the frequency supplied from the LCR meter, ε is the permittivity, and A is the sensitive area of the sensor which measured by:

$$A = L \cdot (w \cdot N)$$

Ref: C0348

Impedance Sensor Probe for Degradation Assessment of Cooking Oil

Alfadhl Yahya Khaled and Samsuzana Abd Aziz, Department of Biological and Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Universiti Putra Malaysia, 43400 Serdang Selangor, Malaysia

Fakhrul Zaman Rokhani, Department of Computer and Communication System Engineering, Faculty of Engineering, Universiti Putra Malaysia, 43400 Serdang Selangor, Malaysia

Abstract

Repeated use of cooking oil had been proven hazardous due to degradation process that contributes to the formation of polar compounds in the oil. Presently, the rate of cooking oil degradation is indicated by the percentages of its total polar compounds (TPC). In this study, impedance sensor probe was designed to assess the cooking oil degradation at several heating time intervals by measuring the changes on its electrical impedance. The probe was designed using interdigitated electrodes (IDEs) platform. In total of 30 samples of 130 ml palm oil were heated at 180° C up to 30 hours using a laboratory oven. For each one hour increment, one sample was taken out of the oven and cooled at room temperature before measuring the impedance value using the designed probe which connected to a LCR meter. The TPC of the oil samples was measured using Testo 270 cooking oil tester (InstruMartInc, Germany). The discrimination between the electrical impedance values at different heating hours of oil samples was analyzed and correlated to their TPC measurements. Preliminary results showed good correlation between the oil electrical impedance with their TPC value. The designed sensor probe has good potential for simple and inexpensive way of monitoring cooking oil degradation.

Keywords: Impedance sensor, cooking oil degradation, total polar compound, heating

1 Introduction

Deep frying is a popular way of preparing fast food, which the food is submerged in hot oil or fat at a high temperature of 150° C to 190° C. There are several chemical reactions occurring during deep frying, such as thermal oxidation, hydrolysis, and polymerization through a general process of using frying oil in repetitive ways (White, 1991; Choe & Min, 2007; Tyagi & Vasishtha, 1996). These chemical reactions will produce undesired compounds in the cooking oil such as aldehydes, polymeric triglycerides, and free fatty acids (Gertz, 2000).

The condition of cooking oil can affect food flavor, texture, and color since the oil acts as a medium of heat transfer. Subsequently, the change in the cooking oil quality will lead to changes in food taste. Moreover, using cooking oil continuously or repeatedly without monitoring and controlling the quality can affect human health (Lee et al., 2011; Innawong et al., 2004).

The mechanism of this sensor is that as oil oxidatively and thermally breaks down, there an increase in the number of polar molecules, which directly increases the dielectric constant. When an electric field is applied across the faces of IDEs, the dipole and molecular charges in the testing oil are displaced from their equilibrium positions, and those dipole charges laid up through the fingers of the sensor. Thus, as long as the cooking oil produces polar molecules through various chemical reactions during frying the more charges will lay up in the electrodes.

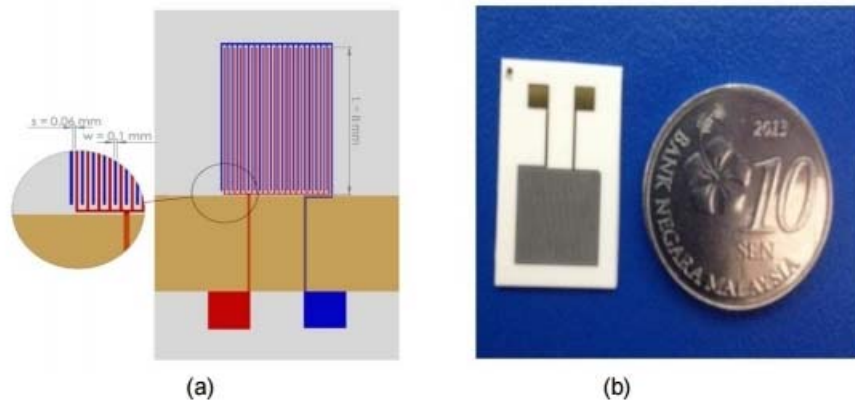


Figure 1: (a) A top-view illustration of impedance sensor probe, (b) A photograph of prototype device next to a Malaysian coin.

2.2 Sample Preparation

Fresh palm oil samples were bought from a local market in Seri Kembangan, Selangor, Malaysia. The palm oil was divided into 30 amber glass bottles where each bottle contained 130 ml. After that, all oil samples were heated in a laboratory oven at temperature of $180 \text{ }^{\circ}\text{C}$. The heating time of the oil samples was ranging from 1 to 30 hours and at every hour, a sample was taken out of the oven. Then, the sample was kept at $40 \text{ }^{\circ}\text{C}$ to be used for the further analysis.

2.3 TPC and Impedance Measurements

The percentage of TPC of each heated sample was measured using a cooking oil tester (Testo 270, InstruMartInc, Germany) (Figure 2). Right after that the impedance measurement was carried out using the IDE probe. The probe were connected to a LCR meter (4263B, Agilent, Japan) with two parallel clips as shown in figure 3. The LCR meter has a frequency range from 100 Hz and to 100 KHz to measure the impedance of the oil samples. After each measurement the sensor and the probe were cleaned by soft tissue before the next measurement. Each measurement was conducted three times.



Figure 2: TPC measurement using (Testo 270, InstruMartInc, Germany).



Figure 3: IDE impedance sensor probe connected to a LCR meter for impedance measurement.

3 Results and Discussions

Figure 4 illustrates the changes of cooking oil impedance as a function of frequency at various heating hours. According to the figure, it was revealed a clear difference in impedance value between samples at low frequencies (100 Hz to 1000 Hz), while almost all samples has impedance values overlapping at high frequencies. From the results, the trendlines of the samples at low frequencies showed that 5 hours heated sample has the highest value of impedances, while the 30 hours heated sample has the lowest value of impedances. It looks possible that these results are because of the increasing of dipole content in the fat of oil particularly the phospholipid as the increasing of heating time (Aditama, 2005; Khaled et al., 2014). The dipole density and electric susceptibility increased, as the quantity of the polar materials in the oil increased. This caused the impedance of the cooking oil samples decreased.

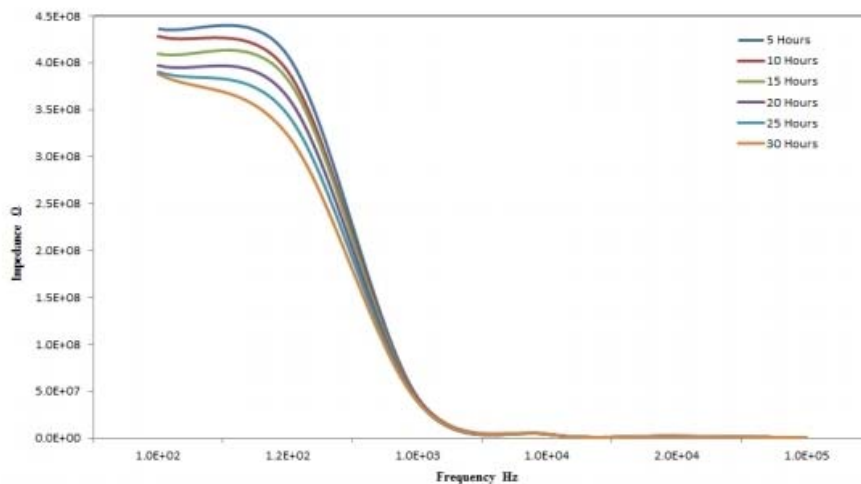


Figure 4: Impedance measurements across frequency at different heating hours.

Figure 5 depicts the correlation between impedance measurements of cooking oil with their TPC values. This figure illustrated that when the impedance increases the TPC decreases. As a result, the correlation value of the impedance with TPC is -0.94. Figure 6 shows the changes of impedance of the cooking oil as a function of TPC at different heating times. Based on the graph, it can be seen that there was a high negative correlation between impedance and TPC at frequency of 100 Hz, where this frequency point has the highest value of correlation coefficient (R^2) of 0.88 (Table 1). It also was clearly shown that in table 1 all R^2 values have a high negative correlation except at frequency 120 Hz. The low value of R^2 at 120 Hz might be due to unstable measurement or measurement error during handling the LCR meter. Moreover, the R^2 values are significantly decreasing as long as the frequency increasing. Thus, it can be concluded that the impedance can be correlated well with TPC specifically when the frequency is low.

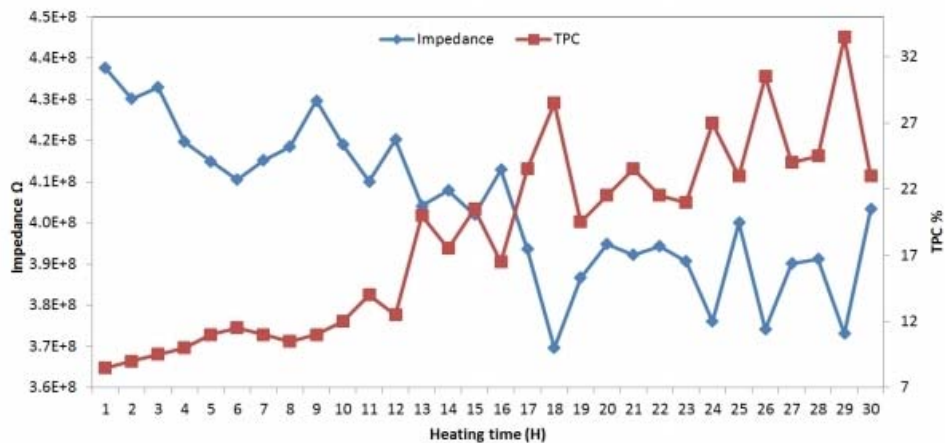


Figure 5: The correlation of impedance and total polar compound at different heatingtime.

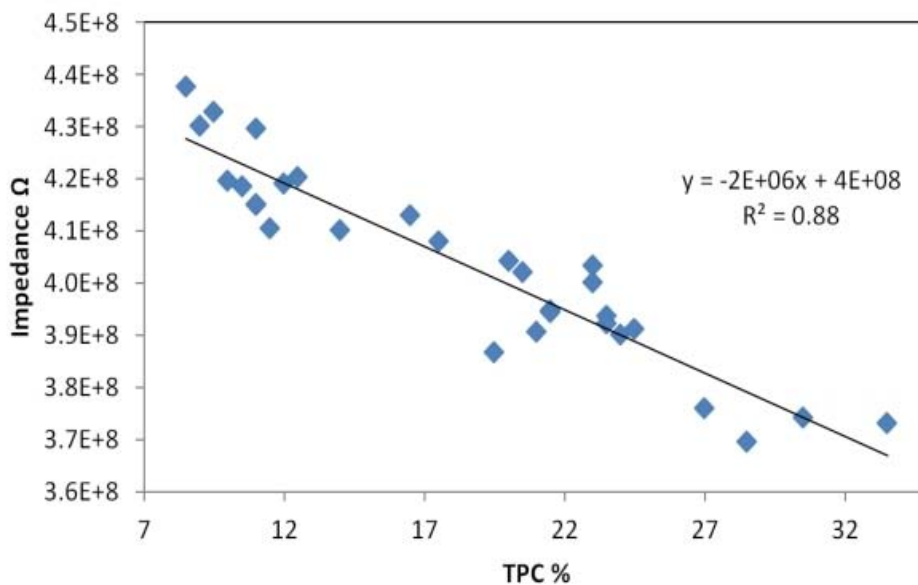


Figure 6: Impedance measurements at 100 Hz of heated cooking oil regressed on their TPC values.

6 References

- Aditama, S. (2005, June). Dielectric properties of palm oils as liquid insulating materials: effects of fat content. In *Electrical Insulating Materials*, 2005.(ISEIM 2005). Proceedings of 2005 International Symposium on (Vol. 1, pp. 91-94). IEEE.
- Bansal, G., Zhou, W., Barlow, P. J., Lo, H. L., & Neo, F. L. (2010). Performance of palm olein in repeated deep frying and controlled heating processes. *Food chemistry*, *121*(2), 338-347.
- Cert, A., Moreda, W., & Pérez-Camino, M. C. (2000). Chromatographic analysis of minor constituents in vegetable oils. *Journal of Chromatography A*, *881*(1), 131-148.
- Choe, E., & Min, D. B. (2007). Chemistry of deep-fat frying oils. *Journal of food science*, *72*(5), R77-R86.
- Gertz, C. (2000). Chemical and physical parameters as quality indicators of used frying fats. *European Journal of Lipid Science and Technology*, *102*(89), 566-572.
- Gil, B., Cho, Y. J., & Yoon, S. H. (2004). Rapid determination of polar compounds in frying fats and oils using image analysis. *LWT-Food Science and Technology*, *37*(6), 657-661.
- Innawong, B., Mallikarjunan, P., Irudayaraj, J., & Marcy, J. E. (2004). The determination of frying oil quality using Fourier transform infrared attenuated total reflectance. *LWT-Food Science and Technology*, *37*(1), 23-28.
- Khaled, A. Y., Aziz, S. A., & Rokhani, F. Z (2014). Development and Evaluation of an Impedance Spectroscopy Sensor to Assess Cooking Oil Quality. *International Journal of Environmental Science and Development*, Vol. 5, No. 3.
- Lee, K. S., Lee, K., Lau, V., Shin, K., & Ju, B. K. (2011). SWNT sensors for monitoring the oxidation of edible oils. *World Acad. Sci. Eng. Tech*, *74*, 385-388.
- Moreira, R. G., Castell-Perez, M. E., & Barrufet, M. A. (1999). Frying oil characteristics. *Deepfat frying fundamentals and applications*, 33-74.
- Staginus, J., Aerts, I. M., Chang, Z. Y., Meijer, G., de Smet, L. C., & Sudhölter, E. J. (2013). Capacitive response of PDMS-coated IDE platforms directly exposed to aqueous solutions containing volatile organic compounds. *Sensors and Actuators B: Chemical*, *184*, 130-142.
- Tyagi, V. K., & Vasishtha, A. K. (1996). Changes in the characteristics and composition of oils during deep-fat frying. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, *73*(4), 499-506.
- Vlachos, N., Skopelitis, Y., Psaroudaki, M., Konstantinidou, V., Chatzilazarou, A., & Tegou, E. (2006). Applications of Fourier transform-infrared spectroscopy to edible oils. *Analytica Chimica Acta*, *573*, 459-465.
- White, P. J. (1991). Methods for measuring changes in deep-fat frying oils. *Food Technology*, *45*(2), 75-80.

라. 국내 표준화 현황

- 국내에는 식용오일 산화측정 장치가 존재 하지 않아 표준화가 없으며 해외 국가별 규제 내용은 다음과 같다.

국 가	TPM	FFA	Others
미 국	24%(guideline)	2%(Guideline)	=
프 랑스	24%	-	-
독 일	24%	-	-
이태리	25%	-	-
한 국	-	2.5%(3.0%)	50(과산화물가)
중 국	27%	5%	
일 본	-	2.5%	-
태 국	25%	-	-
타이완	25%	<2mg/g	smoke point>170도C

표 2. 국가별 식용오일 산패 규제 범위

제 3장 연구수행 내용 및 결과

제 1절 탄소나노튜브와 카테킨의 배합 및 알루미늄기판 도포

< 1차 년도 >

1. 탄소나노튜브와 카테킨 배합기술 개발 현황

가. 기판에 전극형성

- ① 금속전극의 상부에 탄소나노튜브 용액을 전극의 상부에 도포(스프레이방식)
- ② 진공증착 방법을 이용하여 기판에 금속전극을 증착
(기판은 알루미나 기판, 금속전극은 백금전극)
- ③ 탄소나노튜브센서 부와 전원 부는 케이블로 연결한다.
- ④ 탄소나노튜브센서 부는 카테킨 성분으로 기능화 된 탄소나노튜브를 통해 센싱을 수행
- ⑤ 식용유지의 산화물이 탄소나노튜브에 전자 이동에 따라 발생하는 전기 전도도의 변화정도를 센싱 한다.

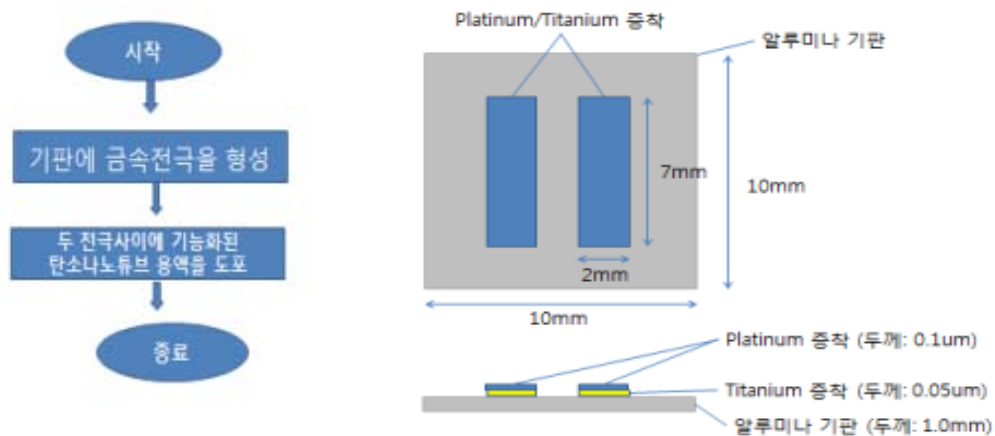


그림 3. 식용오일 센서 기판 설계 예상도

2. 탄소나노튜브 수용액 및 기관제작 현황

가. 초기 수용액 제조

- ① test 진행 결과 디메틸포름아미드의 경우 탄소나노튜브와 배합비율에서 유리하나 위험 물질로 분류되고 사용에 어려움이 있어 카테킨을 적용하여 테스트하였음.

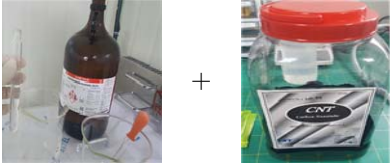
구분	내 용	장비 사진
시험목적	초기 탄소나노 튜브 용액을 제조	 디메틸포름아미드 탄소 1mg
시험규격	①디메틸포름아미드 : 20ml ②탄소나노튜브 : 1.5mg ③시험온도 : 상온25℃ ※탄소나노튜브관련 특허 참조하여 시험 진행	
시험방법	비커에 디메틸포름아미드 30ml와 탄소 1mg을 시험유리막대를 사용하여 희석시킨다.	
시험장비	비커, 전자저울, 시약스푼, 시약막대	
특이사항	①디메틸포름아미드시약은 주요관리 시약이기에 실험실 내부환기 및 마스크복장 착용 준수 필요 ②디메틸포름아미드 시약을 사용시 플라스틱, 금속제질 사용주의	

표 3. 디메틸포름미디의 CNT 수용액 제조

② 용액 합성 시험 배합

- CNT용액 제조 : 증류수 + 카테킨 + CNT (100ml + 20mg + 20mg)
- 배합비율(최적) 증류수(10) : 카테킨(2) : 탄소나노튜브(2)


구분	내 용	장비 사진
시험목적	초기 탄소 나노 튜브 용액을 제조	 증류수 100ml 카테킨 20mg 탄소 20mg
시험규격	①증류수 : 100ml ②카테킨 : 20mg ③탄소 나노튜브 : 20mg ④시험온도 : 상온25℃ ※탄소나노튜브관련 특허 참조하여 시험 진행	
시험방법	①비커에 증류수 100ml와 카테킨 20mg을 희석시킨다. ②1번에서 희석된 용액에 탄소를 20mg을 희석시킨다. ③비율이 10:2:25로 희석된 용액 시험막대를 사용하여 희석시킨다.	
시험장비	비커, 전자저울, 시약스푼, 시약막대	
특이사항	디메틸포름아미드시약의 안전과 위험성에 따라 탄소 나노튜브의 주용성분인 카테킨으로 변경하여 실험	

표 4. 카테킨으로 교체 후 CNT 수용액 제조

③ 분산 1차 시험

○ CNT수용액을 번들 제거하는 방법 (1차 분산처리 (디가싱처리))


구분	내 용	장비 사진
시험목적	탄소나노 튜브 용액 1차 분산하기 위함.	
시험규격	①분산시험기 3h(보유장비 max 1h가능 15분 휴식 후 1h 재 진행) ※분산처리 장비 사용 방법 숙지 필요	
시험방법	①최종 희석시킨 탄소나노튜브 용액을 분산처리에 넣는다. ②분산처리장비를 가동시킨다(D버튼 클릭) 보유 장비는 MAX 1h사용 가능 15분 휴식 후 재가동. ③분산처리 후 탄소나노튜브 번들 제거 유형을 확인.	
시험장비	분산처리기	
특이사항	-	

표 5. CNT 수용액 번들 제거 1

④ 분산 2차 시험


구분	내 용	장비 사진
시험목적	탄소나노 튜브 용액 2차 분산하기 위함.	
시험규격	①원심분리기 1500rpm 15분	
시험방법	①1차 분산처리 된 용액을 여과지로 다시 여과한다. ②여과된 용액을 캡시험관에 옮겨 담고 원심분리기에 삽입한다. ③원심분리기 속도를 1500rpm에 설정하고 20분간 동작 시킨다.	
시험장비	원심분리기, 캡시험관	
특이사항	①캡 시험관을 유리재질로 사용 할 것	

표 6. CNT 수용액 번들 제거 2

⑤ 수용액 도포 시험

- CNT수용액을 알루미늄 기판에 도포하는 방법 : 증류수 + 카테킨 + CNT 용액을 Hot plate 170°C 에서 5회 도포 후 CNT용액을 Dropping 방식으로 도포 후 48시간 이상 자연건조

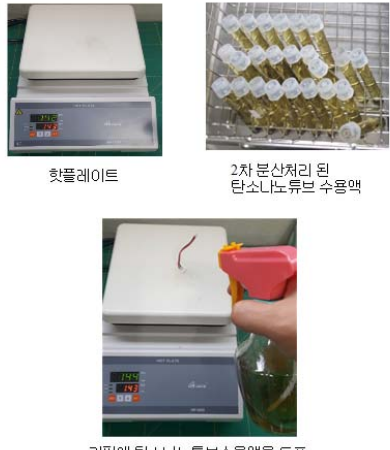
구분	내 용	장비 사진
시험목적	기판에 탄소나노튜브 수용액을 도포하기 위함.	 <p>핫플레이트 2차 분산처리 된 탄소나노튜브 수용액</p> <p>기판에 탄소나노튜브수용액을 도포</p>
시험규격	① 핫플레이트 140±5°C 유지	
시험방법	① 2차 분산처리 된 용액을 분무기에 옮겨 담는다. ② 핫플레이트 온다가 약 143°C 일 때 기판을 핫플레이트 위에 놓는다. ③ 놓여진 기판위에 분무기로 기판에 탄소나노튜브 용액은 도포한다. (도포/건조를 약 3회 반복 진행)	
시험장비	핫플레이트, 분무기	
특이사항	-	

표 7. CNT 수용액 도포 시험

2. 탄소나노튜브센서 결과물 시험분석

- 시험 분석 결과 전류 감소는 산패에 의한 저항 값의 증가임을 알 수 있었다.

(테스트 조건 : +143°C)

(단위 : mA)

번호	초기 전류량	탐침 3분후 전류변화	탐침 3분 후 전류변화량
Sample-1	3.332	2.972	- 0.36μA
Sample 2	3.331	2.981	- 0.35μA
Sample 3	3.331	2.951	- 0.38μA
Sample 4	3.333	2.973	- 0.36μA
Sample 5	3.334	2.984	- 0.35μA

표 8. CNT 수용액 도포 후 전류 변화

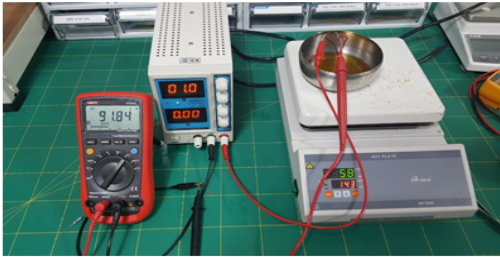
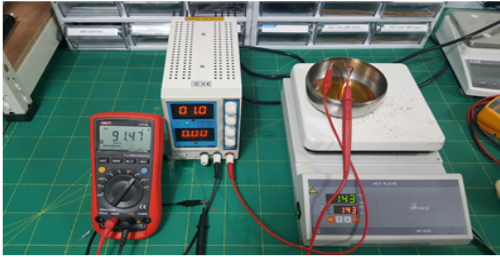
		Photo
Before		
After		
result		<ul style="list-style-type: none"> - 1시간 경과 후 전류량 0.37μA 감소 확인 - 고열에서 시간이 경과함에 따라 식용오일의 산패가 진행되며 식용오일의 액체의 저항값이 상승하여 전류값이 감소됨을 확인

그림 4. 온도에 따른 센서의 전류 값 변화 테스트

나. 식용오일 온도에 따른 산패 전 후 전류 변화량 측정

- 온도를 가열 후 15분 후면 전류 변화량이 max가 되는 것을 확인하였으며, 실제적으로 식용유지의 튀김기기 내의 120 $^{\circ}$ C~160 $^{\circ}$ C 사이에서 전류 변화량이 많이 발생됨을 확인 함.

No	시간(min)	식용 오일 상태	0				5				10				15				20				25				30				
	온도($^{\circ}$ C)기 관사양		40	60	120	160	40	60	120	160	40	60	120	160	40	60	120	160	40	60	120	160	40	60	120	160	40	60	120	160	
1	제조	산패 전	107.4	107.4	107.3	107.3	107.5	107.6	107.9	108.2	107.5	107.6	108.0	108.3	107.5	107.7	108.0	108.3	107.5	107.7	108.0	108.3	107.5	107.7	108.0	108.3	107.5	107.7	108.0	108.3	
2			107.3	107.4	107.3	107.4	107.5	107.6	107.9	108.1	107.5	107.6	108.0	108.2	107.5	107.7	108.1	108.2	107.5	107.7	108.1	108.3	107.5	107.7	108.1	108.3	107.5	107.7	108.1	108.3	
3			107.3	107.4	107.3	107.3	107.5	107.6	107.9	108.2	107.5	107.7	108.0	108.3	107.5	107.7	108.1	108.3	107.5	107.7	108.1	108.3	107.5	107.7	108.1	108.3	107.5	107.7	108.1	108.3	
4			107.3	107.5	107.3	107.3	107.5	107.6	108.0	108.2	107.5	107.7	108.1	108.2	107.5	107.7	108.1	108.3	107.5	107.7	108.1	108.3	107.5	107.7	108.1	108.3	107.5	107.7	108.1	108.3	
5			수용액 미 도포	107.3	107.3	107.3	107.3	107.5	107.6	107.9	108.2	107.5	107.6	108.0	108.3	107.5	107.7	108.1	108.4	107.5	107.7	108.1	108.4	107.5	107.7	108.1	108.4	107.5	107.7	108.1	108.4
1	제조 후	산패 후			107.2				107.9				108.0				108.0				108.0				108.0				108.0		
2					107.3				107.8				108.0				108.0				108.0				108.0				108.0		
3																															
4																															
5			수용액(無)																												
7			기관적용(無)			107.3				107.9				108.1				108.1													

표 9. 온도 변화에 따른 산패 전 후 전류 변화량 도표

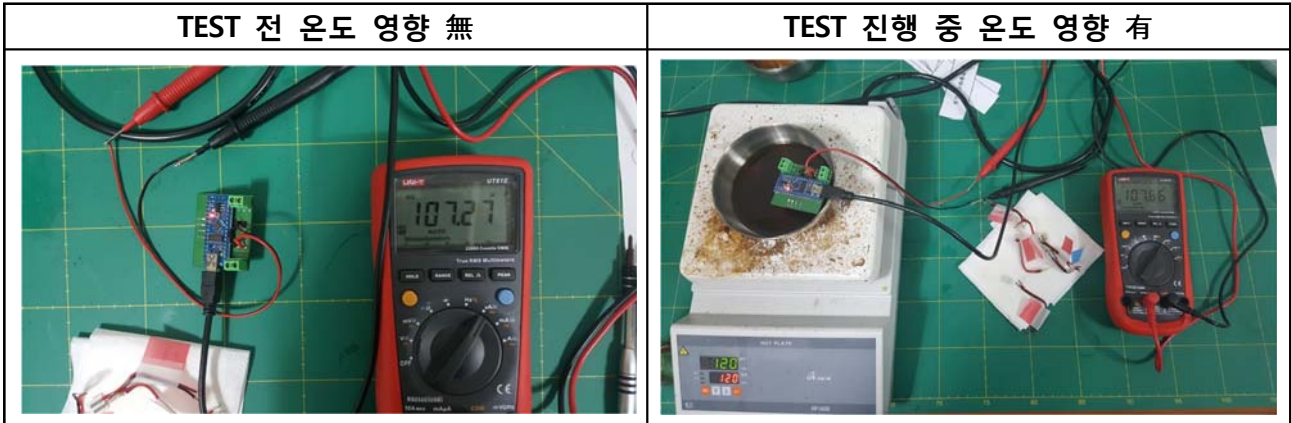


그림 5. 온도 영향에 따른 전류 변화량 테스트

다. 1차 년도 탄소나노튜브 기판 변경

① 한국세라믹연구소에서 SEM장비를 활용하여 탄소나노튜브기판 Sample 촬영

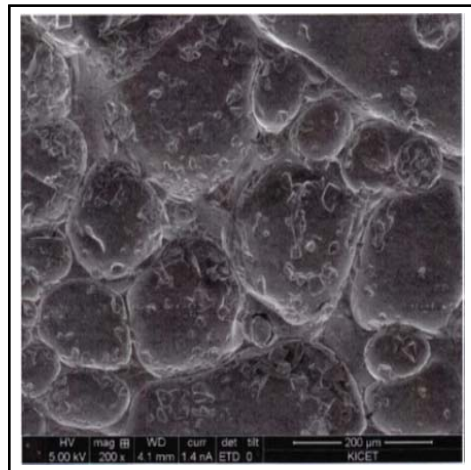


그림 6. SEM 장비로 본 탄소나노튜브 기판표면

② 중간 점검 결과

○ CNT의 분포도가 불균일하고 지속적으로 기판을 사용 시 CNT 함유량이 낮아진다면 향후 측정값의 오류 및 인체유해성 검증 문제 등의 의견으로 기판 사양을 전면 재검토 하였다.

연구 범위	연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
탄소나노튜브와 카테킨의 배합 기술	증류수, 탄소나노튜브, 카테킨 배합을 통한 수용액 제작	각 재료를 10:2:2 비율로 배합
폴리막 형성 기술	백금 증착 기판에 수용액을 이용하여 폴리막 형성	핫플레이트를 이용하여 기판에 수용액을 도포하여 폴리 막 형성
컨트롤 PCB 설계 및 제작	센서의 전도 흐름을 Check하여 산패 측정	제작된 기판을 통신kit에 연결하여 식용 유지의 전도도를 확인하여 산패를 측정

표 10. 중간 점검 결과표

다. 시중에 판매되는 산화도 계측기 성능 테스트

- 식용유지의 산화된 샘플을 추출하여 시중에서 판매되는 식용오일 산화측정 Paper 및 산화 계측기의 측정값의 결과와 국가기관(산업공해시험연구소)에서 측정한 산화도의 비교 결과 판매되는 계측기의 신뢰도가 높지 않다는 것을 확인 할 수 있다.









	Sample1	Sample2	Sample3	Sample4
Sample 사진				
ph 측정지				
일본 A社 DOM-24	7.5%(산패) 0.21%(산가)	15.0%(산패) 1.33%(산가)	21.0%(산패) 2.27%(산가)	21.5%(산패) 2.35%(산가)
독일 T社	7.8%(산패)	15.2%(산패)	20.8%(산패)	21.8%(산패)
산업공해 시험연구소	0.11%(산가)	0.33%(산가)	0.67%(산가)	1.00%(산가)

표 11. 해외 산화측정 성능 검증



문서확인번호 : Q6AR-ZHSZ-OUUO-NV8Z

시험 · 검사성적서

발행번호	R20171218-0012	접수번호	170108587-001
검사완료일	2017-12-18	접수연월일	2017-12-06
제품명	샘물1		
(품목)제조번호		품목제조신고번호	
유형 · 제품 · 품목명	기타기준규격외		
제조(수입)일		유통(품질유지)기한	
시험	성형	업체명	(주)케이케이글로벌
의뢰자	서울특별시 금천구 가산디지털2로 115 대흥테크노타운3차 906호	전화번호	02-6959-9259
소재지	주소: 서울특별시 금천구 가산디지털2로 115 대흥테크노타운3차 906호	팩스번호	
업체명		검사유무	전치유무
제조원	소재지	제조국	
시험 · 검사목적	식품 기타(참고용)		

시험 · 검사 항목 및 결과				
시험 · 검사 항목	시험 · 검사 기준	시험 · 검사 결과	판정	비고
산가	기준없음	0.11	상기사항확인함	
과산화물가	기준없음	5.76	상기사항확인함	
요오드가	기준없음	109.31	상기사항확인함	
벤조피렌	기준없음	불검출	상기사항확인함	

종합판정 : 상기사항확인함
 시험검사원 : 김현수, 조한나
 시험검사목적자 : 조영준, 채종신
 비고 :

※ 위 판정은 의뢰한 시험 · 검사 항목만을 대상으로 한 것입니다.
 ※ 지면이 부족한 경우 시험 · 검사 항목 및 결과에만 별지로 작성 가능합니다.
 ※ 검사결과를 참고하거나 용기 · 포장 등에 표시된 때에는 시험 · 검사성적서 전체 내용을 모두 표시하여야 합니다.

2017년12월18일

(주)산업공해연구소

153-78 서울시 금천구 디지털로 130 남성로지 1008-1010 T:02-2026-1257 F:02-2026-1268

※ 본 증명서는 인터넷으로 발급되었으며, 발급번호를 통하여 위변조 여부를 확인할 수 있습니다.
 또한, 문서화상의 영구적으로 잔류확인(스캐너를 문서확인프로그램)을 이용하실 수 있습니다. http://lms.mfds.go.kr Page 1 of 1

<샘플 1번 시험 · 검사성적서>



문서확인번호 : BULJ-IBV6-06N8-TEBJ

시험 · 검사성적서

발행번호	R20171218-0013	접수번호	170108587-002
검사완료일	2017-12-18	접수연월일	2017-12-06
제품명	샘물2		
(품목)제조번호		품목제조신고번호	
유형 · 제품 · 품목명	기타기준규격외		
제조(수입)일		유통(품질유지)기한	
시험	성형	업체명	(주)케이케이글로벌
의뢰자	서울특별시 금천구 가산디지털2로 115 대흥테크노타운3차 906호	전화번호	02-6959-9259
소재지	주소: 서울특별시 금천구 가산디지털2로 115 대흥테크노타운3차 906호	팩스번호	
업체명		검사유무	전치유무
제조원	소재지	제조국	
시험 · 검사목적	식품 기타(참고용)		

시험 · 검사 항목 및 결과				
시험 · 검사 항목	시험 · 검사 기준	시험 · 검사 결과	판정	비고
산가	기준없음	0.33	상기사항확인함	
과산화물가	기준없음	10.68	상기사항확인함	
요오드가	기준없음	103.27	상기사항확인함	
벤조피렌	기준없음	불검출	상기사항확인함	

종합판정 : 상기사항확인함
 시험검사원 : 김현수, 조한나
 시험검사목적자 : 조영준, 채종신
 비고 :

※ 위 판정은 의뢰한 시험 · 검사 항목만을 대상으로 한 것입니다.
 ※ 지면이 부족한 경우 시험 · 검사 항목 및 결과에만 별지로 작성 가능합니다.
 ※ 검사결과를 참고하거나 용기 · 포장 등에 표시된 때에는 시험 · 검사성적서 전체 내용을 모두 표시하여야 합니다.

2017년12월18일

(주)산업공해연구소

153-78 서울시 금천구 디지털로 130 남성로지 1008-1010 T:02-2026-1257 F:02-2026-1268

※ 본 증명서는 인터넷으로 발급되었으며, 발급번호를 통하여 위변조 여부를 확인할 수 있습니다.
 또한, 문서화상의 영구적으로 잔류확인(스캐너를 문서확인프로그램)을 이용하실 수 있습니다. http://lms.mfds.go.kr Page 1 of 1

<샘플 2번 시험 · 검사성적서>



문서확인번호 : UEWR-KOXY-72T3-KB0E

시험 · 검사성적서

발행번호	R20171218-0014	접수번호	170108587-003
검사완료일	2017-12-18	접수연월일	2017-12-06
제품명	샘물3		
(품목)제조번호		품목제조신고번호	
유형 · 제품 · 품목명	기타기준규격외		
제조(수입)일		유통(품질유지)기한	
시험	성형	업체명	(주)케이케이글로벌
의뢰자	서울특별시 금천구 가산디지털2로 115 대흥테크노타운3차 906호	전화번호	02-6959-9259
소재지	주소: 서울특별시 금천구 가산디지털2로 115 대흥테크노타운3차 906호	팩스번호	
업체명		검사유무	전치유무
제조원	소재지	제조국	
시험 · 검사목적	식품 기타(참고용)		

시험 · 검사 항목 및 결과				
시험 · 검사 항목	시험 · 검사 기준	시험 · 검사 결과	판정	비고
산가	기준없음	0.67	상기사항확인함	
과산화물가	기준없음	14.31	상기사항확인함	
요오드가	기준없음	99.35	상기사항확인함	
벤조피렌	기준없음	불검출	상기사항확인함	

종합판정 : 상기사항확인함
 시험검사원 : 김현수, 조한나
 시험검사목적자 : 조영준, 채종신
 비고 :

※ 위 판정은 의뢰한 시험 · 검사 항목만을 대상으로 한 것입니다.
 ※ 지면이 부족한 경우 시험 · 검사 항목 및 결과에만 별지로 작성 가능합니다.
 ※ 검사결과를 참고하거나 용기 · 포장 등에 표시된 때에는 시험 · 검사성적서 전체 내용을 모두 표시하여야 합니다.

2017년12월18일

(주)산업공해연구소

153-78 서울시 금천구 디지털로 130 남성로지 1008-1010 T:02-2026-1257 F:02-2026-1268

※ 본 증명서는 인터넷으로 발급되었으며, 발급번호를 통하여 위변조 여부를 확인할 수 있습니다.
 또한, 문서화상의 영구적으로 잔류확인(스캐너를 문서확인프로그램)을 이용하실 수 있습니다. http://lms.mfds.go.kr Page 1 of 1

<샘플 3번 시험 · 검사성적서>



문서확인번호 : GB8A-JLKB-EDXI-6QAC

시험 · 검사성적서

발행번호	R20171218-0015	접수번호	170108587-004
검사완료일	2017-12-18	접수연월일	2017-12-06
제품명	샘물4		
(품목)제조번호		품목제조신고번호	
유형 · 제품 · 품목명	기타기준규격외		
제조(수입)일		유통(품질유지)기한	
시험	성형	업체명	(주)케이케이글로벌
의뢰자	서울특별시 금천구 가산디지털2로 115 대흥테크노타운3차 906호	전화번호	02-6959-9259
소재지	주소: 서울특별시 금천구 가산디지털2로 115 대흥테크노타운3차 906호	팩스번호	
업체명		검사유무	전치유무
제조원	소재지	제조국	
시험 · 검사목적	식품 기타(참고용)		

시험 · 검사 항목 및 결과				
시험 · 검사 항목	시험 · 검사 기준	시험 · 검사 결과	판정	비고
산가	기준없음	1.00	상기사항확인함	
과산화물가	기준없음	15.08	상기사항확인함	
요오드가	기준없음	88.84	상기사항확인함	
벤조피렌	기준없음	불검출	상기사항확인함	

종합판정 : 상기사항확인함
 시험검사원 : 김현수, 조한나
 시험검사목적자 : 조영준, 채종신
 비고 :

※ 위 판정은 의뢰한 시험 · 검사 항목만을 대상으로 한 것입니다.
 ※ 지면이 부족한 경우 시험 · 검사 항목 및 결과에만 별지로 작성 가능합니다.
 ※ 검사결과를 참고하거나 용기 · 포장 등에 표시된 때에는 시험 · 검사성적서 전체 내용을 모두 표시하여야 합니다.

2017년12월18일

(주)산업공해연구소

153-78 서울시 금천구 디지털로 130 남성로지 1008-1010 T:02-2026-1257 F:02-2026-1268

※ 본 증명서는 인터넷으로 발급되었으며, 발급번호를 통하여 위변조 여부를 확인할 수 있습니다.
 또한, 문서화상의 영구적으로 잔류확인(스캐너를 문서확인프로그램)을 이용하실 수 있습니다. http://lms.mfds.go.kr Page 1 of 1

<샘플 4번 시험 · 검사성적서>

제 2절 백금플레이트로 도포한 세라믹기판 개발

< 2차 년도 >

1. 기판사양의 변경

(가) 고온 200°C 이상에서 사용가능한 세라믹 기판 적용

- ① 실시간 산화측정을 위하여 고온 200°C 이상에서 사용가능한 세라믹기판에 증착함
- ② 세라믹기판 관료 자료 검토



RO4000® Series High Frequency Circuit Materials

RO4000® hydrocarbon ceramic laminates are designed to offer superior high frequency performance and low cost circuit fabrication. The result is a low loss material which can be fabricated using standard epoxy/glass (FR-4) processes offered at competitive prices.

The selection of laminates typically available to designers is significantly reduced once operational frequencies increase to 500 MHz and above. RO4000 material possesses the properties needed by designers of RF microwave circuits and matching networks and controlled impedance transmission lines. Low dielectric loss allows RO4000 series material to be used in many applications where higher operating frequencies limit the use of conventional circuit board laminates. The temperature coefficient of dielectric constant is among the lowest of any circuit board material (Chart 1), and the dielectric constant is stable over a broad frequency range (Chart 2). For reduced insertion loss, LoPro™ foil is available (Chart 3). This makes it an ideal substrate for broadband applications.

RO4000 material's thermal coefficient of expansion (CTE) provides several key benefits to the circuit designer. The expansion coefficient of RO4000 material is similar to that of copper which allows the material to exhibit excellent dimensional stability, a property needed for mixed dielectric multi-layer boards constructions. The low Z-axis CTE of RO4000 laminates provides reliable plated through-hole quality, even in severe thermal shock applications. RO4000 series material has a Tg of >280°C (536°F) so its expansion characteristics remain stable over the entire range of circuit processing temperatures.

RO4000 series laminates can easily be fabricated into printed circuit boards using standard FR-4 circuit board processing techniques. Unlike PTFE based high performance materials, RO4000 series laminates do not require specialized via preparation processes such as sodium etch. This material is a rigid, thermoset laminate that is capable of being processed by automated handling systems and scrubbing equipment used for copper surface preparation.

RO4003C™ laminates are currently offered in various configurations utilizing both 1080 and 1674 glass fabric styles, with all configurations meeting the same laminate electrical performance specification. Specifically designed as a drop-in replacement for the RO4003C™ material, RO4350B™ laminates utilize RoHS compliant flame-retardant technology for applications requiring UL 94V-0 certification. These materials conform to the requirements of IPC-4103, slash sheet /10 for RO4003C and /11 for RO4350B materials.



Data Sheet



FEATURES AND BENEFITS:
 RO4000 materials are reinforced hydrocarbon/ceramic laminates - not PTFE

- Designed for performance sensitive, high volume applications
- Low dielectric tolerance and low loss
- Excellent electrical performance
- Allows applications with higher operating frequencies
- Ideal for broadband applications

Stable electrical properties vs. frequency

- Controlled impedance transmission lines
- Repeatable design of filters

Low thermal coefficient of dielectric constant

- Excellent dimensional stability

Low Z-axis expansion

- Reliable plated through holes

Low in-plane expansion coefficient

- Remains stable over an entire range of circuit processing temperatures

Volume manufacturing process

- RO4000 laminates can be fabricated using standard glass epoxy processes
- Competitively priced

CAF resistant

SOME TYPICAL APPLICATIONS:

- Cellular Base Station Antennas and Power Amplifiers
- RF Identification Tags
- Automotive Radar and Sensors
- LNB's for Direct Broadcast Satellites



Advanced Connectivity Solutions
 100 S. Roosevelt Avenue, Chandler, AZ 85226
 Tel: 480-961-1382 Fax: 480-961-4533 www.rogerscorp.com

Page 1 of 4

Property	Typical Value		Direction	Units	Condition	Test Method
	RO4003C	RO4350B				
Dielectric Constant, ϵ_r , Process	3.38 ± 0.05	⁽¹⁾ 3.48 ± 0.05	Z	--	10 GHz/23°C	IPC-TM-650 2.5.5.5 Clamped Stripline
⁽²⁾ Dielectric Constant, ϵ_r , Design	3.55	3.66	Z	--	8 to 40 GHz	Differential Phase Length Method
Dissipation Factor tan, δ	0.0027 0.0021	0.0037 0.0031	Z	--	10 GHz/23°C 2.5 GHz/23°C	IPC-TM-650 2.5.5.5
Thermal Coefficient of ϵ_r	+40	+50	Z	ppm/°C	-50°C to 150°C	IPC-TM-650 2.5.5.5
Volume Resistivity	1.7 X 10 ¹⁰	1.2 X 10 ¹⁰		MΩ•cm	COND A	IPC-TM-650 2.5.17.1
Surface Resistivity	4.2 X 10 ⁹	5.7 X 10 ⁹		MΩ	COND A	IPC-TM-650 2.5.17.1
Electrical Strength	31.2 (780)	31.2 (780)	Z	KV/mm (V/mil)	0.51mm (0.020")	IPC-TM-650 2.5.6.2
Tensile Modulus	19,650 (2,850) 19,450 (2,821)	16,767 (2,432) 14,153, (2,053)	X Y	MPa (ksi)	RT	ASTM D638
Tensile Strength	139 (20.2) 100 (14.5)	203 (29.5) 130 (18.9)	X Y	MPa (ksi)	RT	ASTM D638
Flexural Strength	276 (40)	255 (37)		MPa (kpsi)		IPC-TM-650 2.4.4
Dimensional Stability	<0.3	<0.5	X,Y	mm/m (mils/inch)	after etch +E2/150°C	IPC-TM-650 2.4.39A
Coefficient of Thermal Expansion	11 14 46	10 12 32	X Y Z	ppm/°C	-55 to 288°C	IPC-TM-650 2.4.41
Tg	>280	>280		°C TMA	A	IPC-TM-650 2.4.24.3
Td	425	390		°C TGA		ASTM D3850
Thermal Conductivity	0.71	0.69		W/m ² K	80°C	ASTM C518
Moisture Absorption	0.06	0.06		%	48 hrs immersion 0.060" sample Temperature 50°C	ASTM D570
Density	1.79	1.86		gm/cm ³	23°C	ASTM D792
Copper Peel Strength	1.05 (6.0)	0.88 (5.0)		N/mm (pli)	after solder float 1 oz. EDC Foil	IPC-TM-650 2.4.8
Flammability	N/A	⁽³⁾ V-0				UL 94
Lead-Free Process Compatible	Yes	Yes				

NOTES:

(1) RO4350B 4 mil laminates have a process Dk of 3.33 ± 0.05

(2) The design Dk is an average number from several different tested lots of material and on the most common thickness/s. If more detailed information is required, please contact Rogers Corporation or refer to Rogers' technical papers in the Rogers Technology Support Hub available at <http://www.rogerscorp.com>.

(3) RO4350B LoPro® laminates do not share the same UL designation as standard RO4350B laminates. A separate UL qualification may be necessary.

Typical values are a representation of an average value for the population of the property. For specification values contact Rogers Corporation.

RO4000 LoPro laminate uses a modified version of the RO4000 resin system to bond reverse treated foil. Values shown above are RO4000 laminates without the addition of the LoPro resin. For double-sided boards, the LoPro foil results in a thickness increase of approximately 0.0007" (18µm) and the Dk is approximately 2.4. The Dk decreases by about 0.1 as the core thickness decreases from 0.020" to 0.004.

Prolonged exposure in an oxidative environment may cause changes to the dielectric properties of hydrocarbon based materials. The rate of change increases at higher temperatures and is highly dependent on the circuit design. Although Rogers' high frequency materials have been used successfully in innumerable applications and reports of oxidation resulting in performance problems are extremely rare, Rogers recommends that the customer evaluate each material and design combination to determine fitness for use over the entire life of the end product.

Advanced Connectivity Solutions

100 S. Roosevelt Avenue, Chandler, AZ 85226

Tel: 480-961-1382 Fax: 480-961-4533 www.rogerscorp.com

Chart 1: RO4000 Series Materials Dielectric Constant vs. Temperature

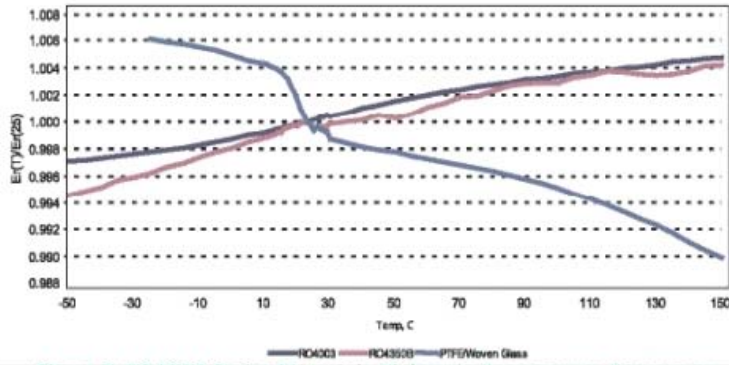


Chart 2: RO4000 Series Materials Dielectric Constant vs. Frequency

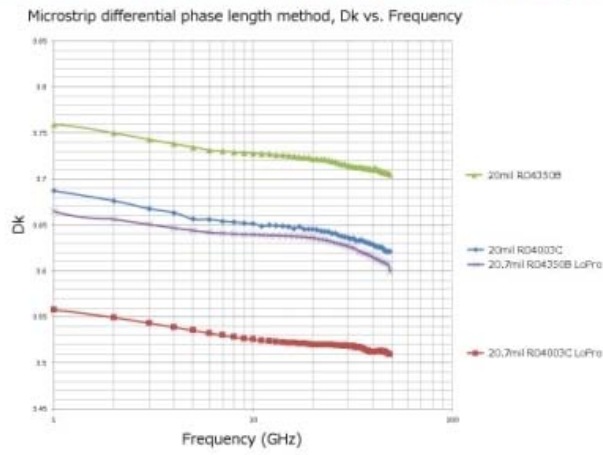
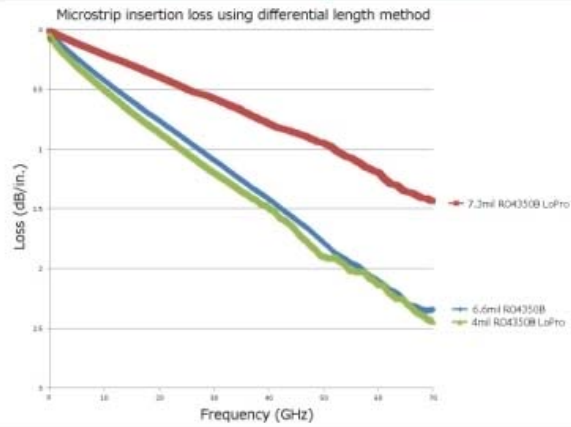


Chart 3: Microstrip Insertion Loss



Standard Thickness	Standard Panel Size	Standard Copper Cladding
RO4003C: 0.008" (0.203mm), 0.012 (0.305mm), 0.016"(0.406mm), 0.020" (0.508mm) 0.032" (0.813mm), 0.060" (1.524mm)	12" X 18" (305 X 457 mm) 24" X 18" (610 X 457 mm) 24" X 36" (610 X 915 mm) 48" X 36" (1.224 m X 915 mm)	½ oz. (17µm) electrodeposited copper foil (.5ED/.5ED) 1 oz. (35µm) electrodeposited copper foil (1ED/1ED) 2 oz. (70µm) electrodeposited copper foil (2ED/2ED)
RO4350B: *0.004" (0.101mm), 0.0066" (0.168mm) 0.010" (0.254mm), 0.0133" (0.338mm), 0.0166" (0.422mm), 0.020"(0.508mm), 0.030" (0.762mm), 0.060"(1.524mm)	*0.004" (0.101mm) material is not available in panel sizes larger than 24"x18" (610 X 457mm)	PIM Sensitive Applications: ½ oz (17µm) LoPro Reverse Treated EDC (.5TC/.5TC) 1 oz (35µm) LoPro Reverse Treated EDC (1TC/1TC)
Note: Material clad with LoPro foil add 0.0007" (0.018mm) to dielectric thickness		

The information in this data sheet is intended to assist you in designing with Rogers' circuit materials. It is not intended to and does not create any warranties express or implied, including any warranty of merchantability or fitness for a particular purpose or that the results shown on this data sheet will be achieved by a user for a particular purpose. The user should determine the suitability of Rogers' circuit materials for each application.

The Rogers' logo, Helping power, protect, connect our world, LoPro, RO3003, RO4000, RO4350, RO4350B, and RO4003C are trademarks of Rogers Corporation or one of its subsidiaries.

© 2017 Rogers Corporation, Printed in U.S.A.,
 All rights reserved. Revised 1324 062017 PUB# 92-004

Advanced Connectivity Solutions
 100 S. Roosevelt Avenue, Chandler, AZ 85226
 Tel: 480-961-1382 Fax: 480-961-4533 www.rogerscorp.com

Page 4 of 4

Helping power, protect, connect our world®

- ③ 전기 전도도 변화를 센싱 하여 식용유지의 상태를 감지할 수 있도록 백금 플레이트로 에칭 하여 기능화 된 Sensor로 설계하였다.
- ④ 기존 산화도 측정 장치 보다 정밀성을 더 높이기 위하여 Sensor의 전극의 수를 20백 증가시키고 전극 간에 거리를 60 μ m로 하여 저 전압 상에서도 측정 가능한 최적의 패턴으로 설계하였다.

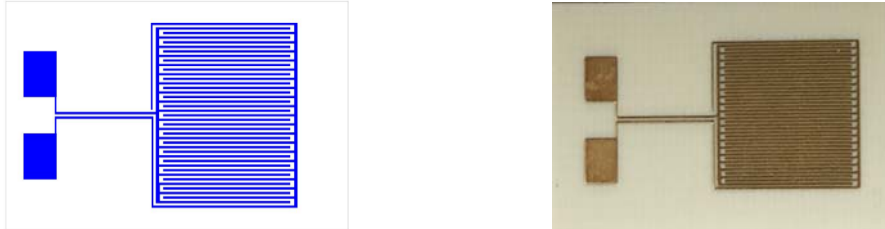


그림 7. 세라믹기판에 백금플레이트로 에칭한 센서

2. 변경된 세라믹기판의 사양으로 기술적 검증

(가) LRC 메터기를 이용한 실제 매장 검증 진행

- ① LRC Hz 구간별(100Hz~100kHz)로 음식물 침지 횟수에 대한 식용오일 산화 측정 검증 시중에서 판매되고 있는 계측기도 동시 검증을 진행하였다.

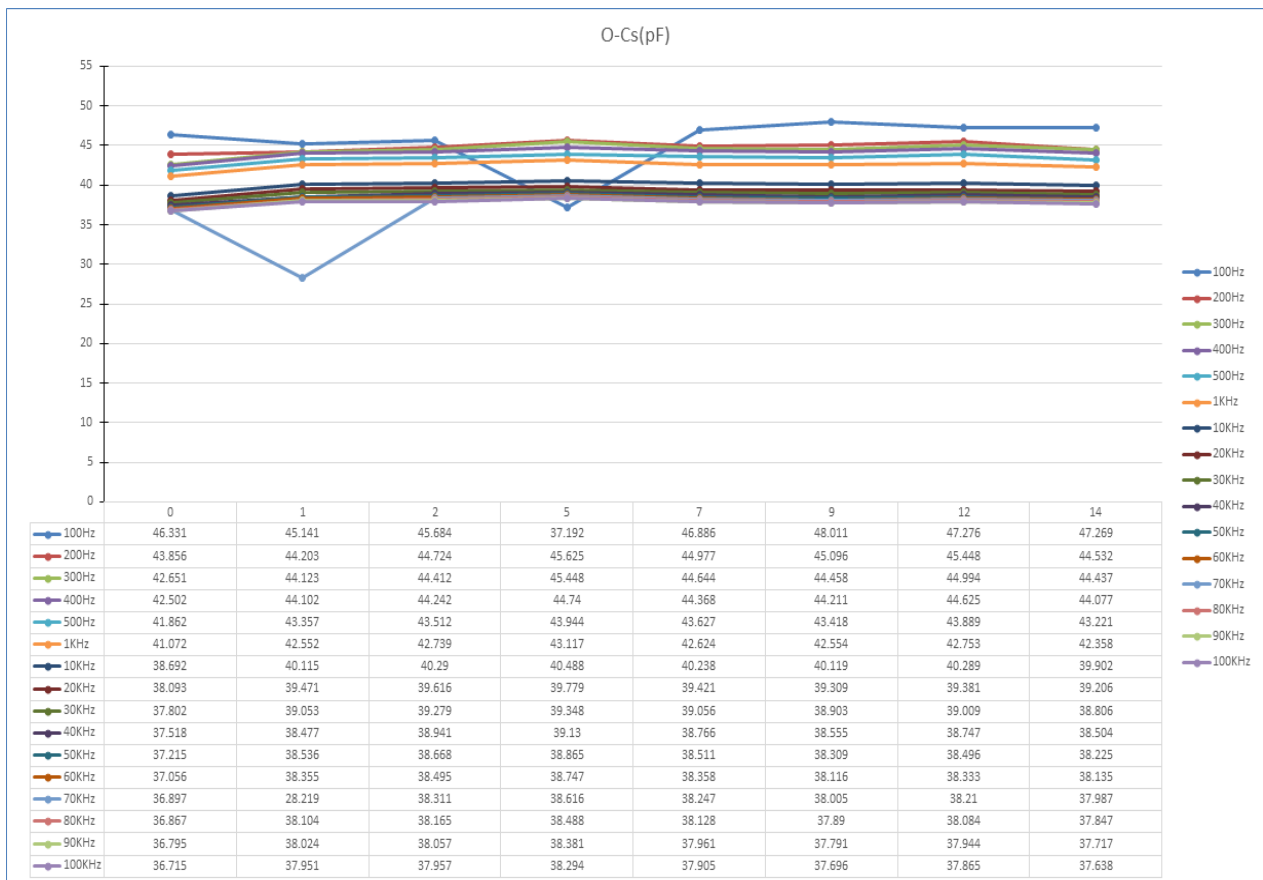


표 12. LRC Hz O-Cs(pF) 100Hz~100kHz 변화

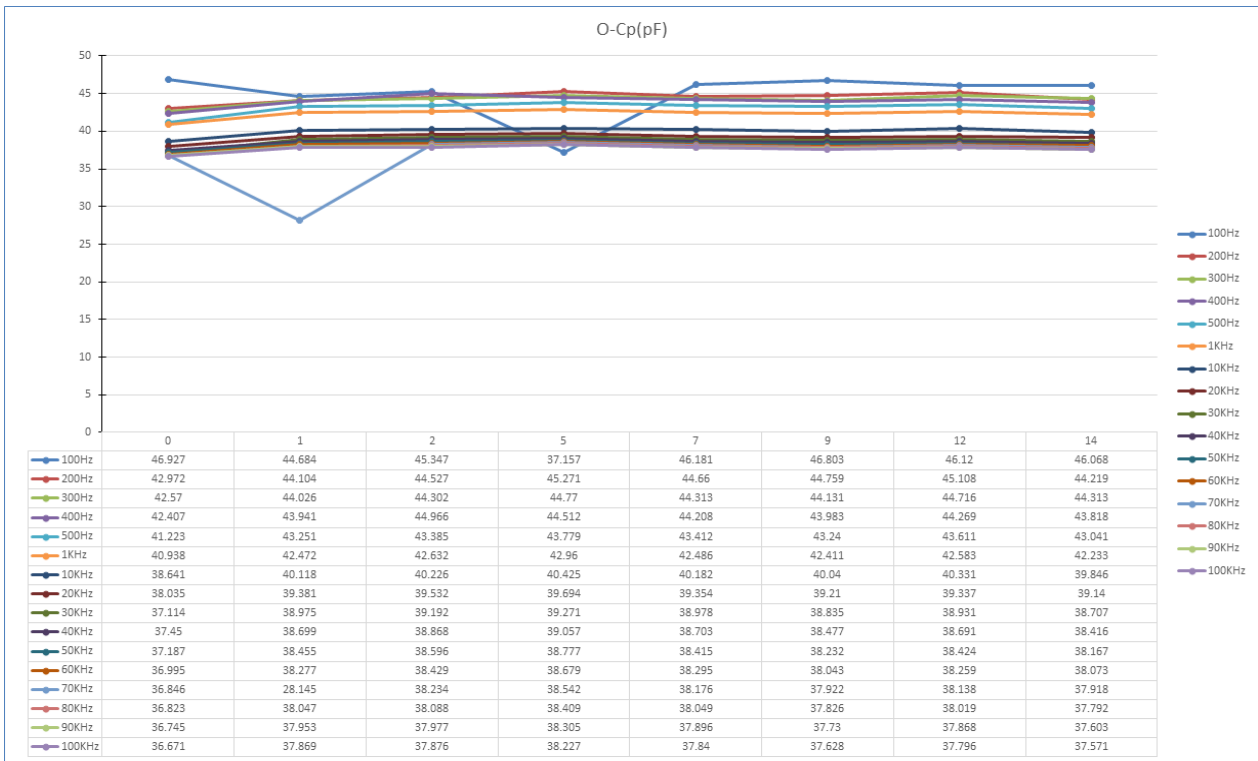


표 13. LRC Hz O-Cp(pF) 100Hz~100kHz 변화

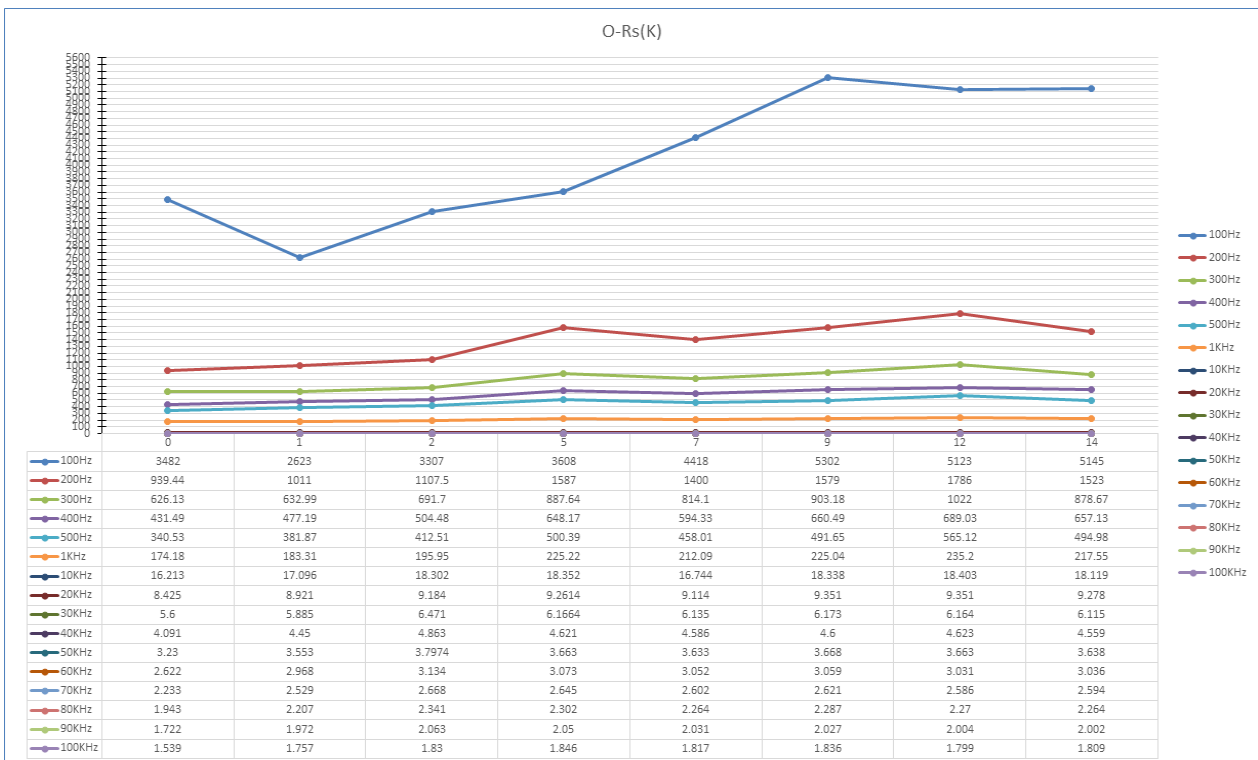


표 14. LRC Hz O-Rs(K) 100Hz~100kHz 변화

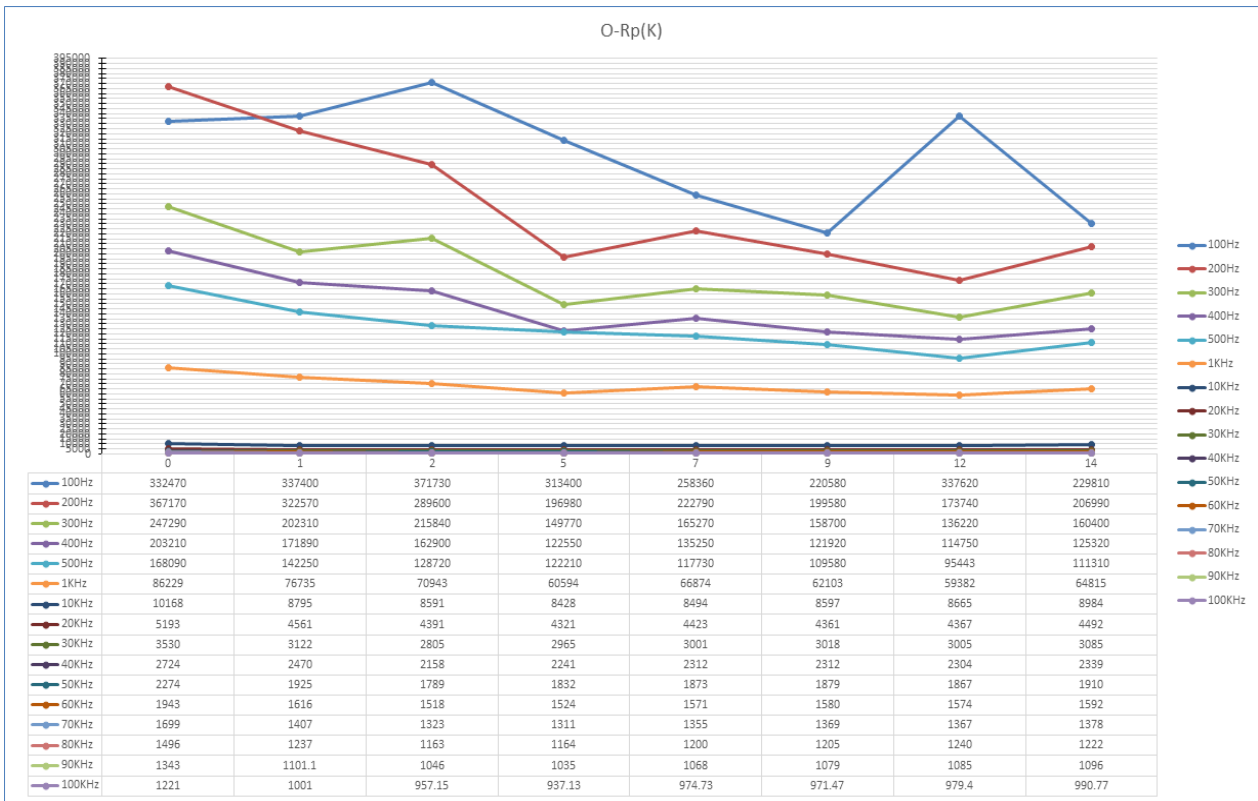


표 15. LRC Hz O-Rp(K) 100Hz~100kHz 변화

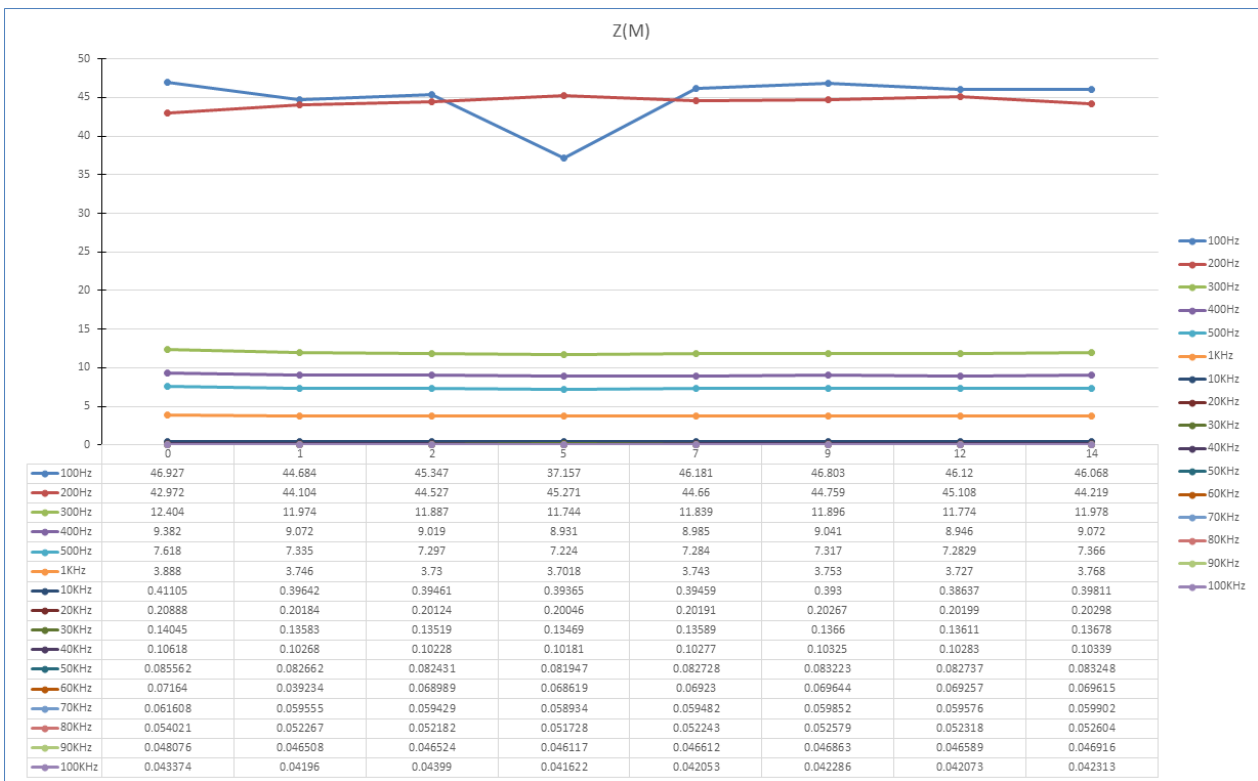


표 16. LRC Hz Z(M) 100Hz~100kHz 변화

② 타사제품 식용오일 산화 측정 검증

타사 산화도 측정기의 검증한 결과 위 표의 LRC 메타기의 100Hz 영역의 O-Rs 자체 검증 값과 가장 유사한 것으로 확인 할 수 있었다.

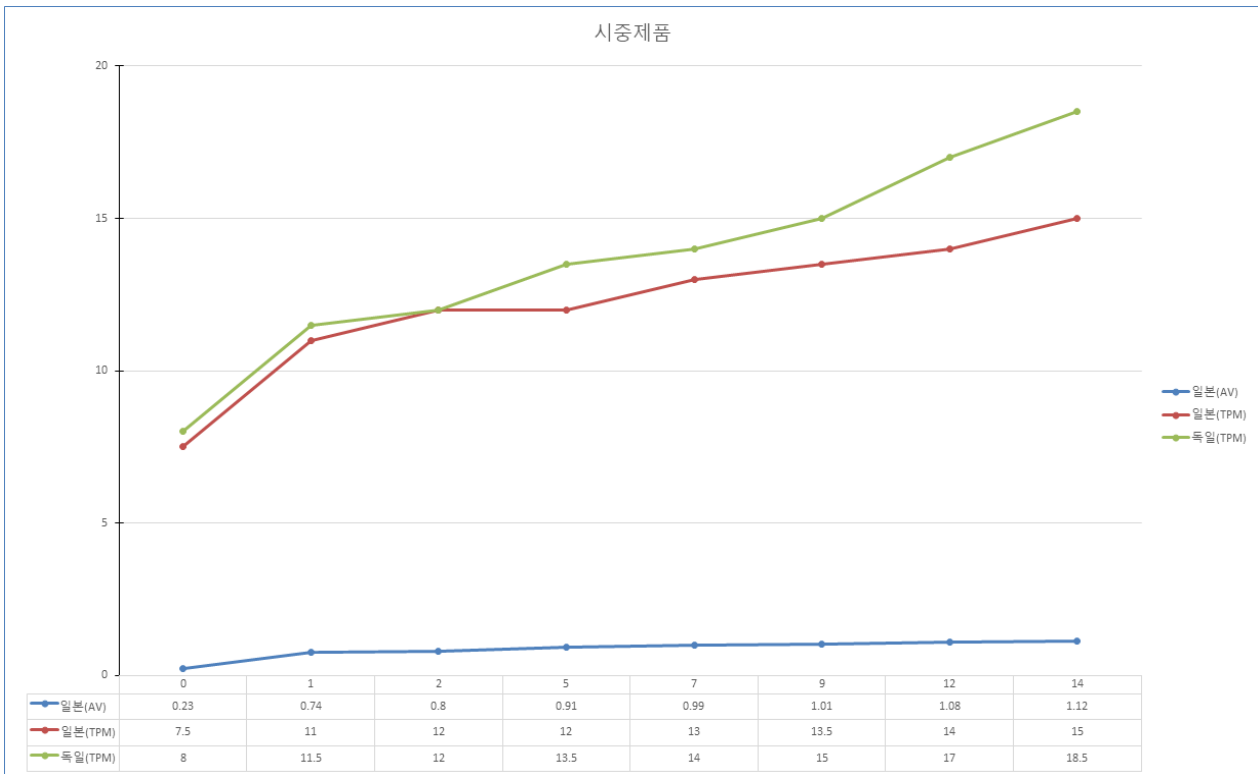


표 17. 일본(AV, TPM)과 독일(TPM) 산화도 측정 변화

(나) 세라믹기판의 유해물질 검증

○ 세라믹 기판을 식용유지에 장시간 고온 200℃와 저온에 침지 시키며 60일 동안 20일 간격으로 샘플을 추출하여 유해물질의 검사를 실시하였으며 이에 다음과 같이 산업공해연구소로부터 문제가 없음을 확인하였다.

시험 · 검사성적서

발행번호	R20180614-0006	접수번호	18010314-001
검사연월일	2018-06-14	접수연월일	2018-06-04
제품명	1		
등록번호	등록번호없음		
원형·제품·용역명	가라지구조재		
제조사	제원	원형(등록번호)	용역(등록번호)
소재지	10047경기도 시흥시 불우로 2000 5층	소재지	부서(소재지/등록번호)
연락처	연락처: 02-6998-0059	연락처	연락처: 02-6998-0059
주소	주소: 서울특별시 서초구	주소	주소: 서울특별시 서초구
시험·검사목적	시험·검사목적: 식용유지용기		

시험·검사 항목 및 결과

시험·검사 항목	시험·검사 기준	시험·검사 결과	단위	비고
납(Ni)/mg/g	기준없음	0.0	상기내용확인함	
카드뮴(Cd)/mg/g	기준없음	0.3	상기내용확인함	
크롬(Cr)/mg/g	기준없음	3.3	상기내용확인함	
과산화수소(H ₂ O ₂)/mg/g	기준없음	8.5	상기내용확인함	
벤조피렌(BaP)/mg/g	기준없음	불검출	상기내용확인함	

시험일자: 2018년 06월 14일
 (주)산업공해연구소
 1537개 서울특별시 강남구 테헤란로 130 5층 509호 5098-1000
 F:02-2009-1297 P:02-2009-1298

시험 · 검사성적서

발행번호	R20180614-0007	접수번호	18010314-002
검사연월일	2018-06-14	접수연월일	2018-06-04
제품명	2		
등록번호	등록번호없음		
원형·제품·용역명	가라지구조재		
제조사	제원	원형(등록번호)	용역(등록번호)
소재지	10047경기도 시흥시 불우로 2000 5층	소재지	부서(소재지/등록번호)
연락처	연락처: 02-6998-0059	연락처	연락처: 02-6998-0059
주소	주소: 서울특별시 서초구	주소	주소: 서울특별시 서초구
시험·검사목적	시험·검사목적: 식용유지용기		

시험·검사 항목 및 결과

시험·검사 항목	시험·검사 기준	시험·검사 결과	단위	비고
납(Ni)/mg/g	기준없음	0.0	상기내용확인함	
카드뮴(Cd)/mg/g	기준없음	0.6	상기내용확인함	
크롬(Cr)/mg/g	기준없음	3.3	상기내용확인함	
과산화수소(H ₂ O ₂)/mg/g	기준없음	8	상기내용확인함	
벤조피렌(BaP)/mg/g	기준없음	불검출	상기내용확인함	

시험일자: 2018년 06월 14일
 (주)산업공해연구소
 1537개 서울특별시 강남구 테헤란로 130 5층 509호 5098-1000
 F:02-2009-1297 P:02-2009-1298

시험 · 검사성적서

발행번호	R20180614-0008	접수번호	18010314-003
검사연월일	2018-06-14	접수연월일	2018-06-04
제품명	3		
등록번호	등록번호없음		
원형·제품·용역명	가라지구조재		
제조사	제원	원형(등록번호)	용역(등록번호)
소재지	10047경기도 시흥시 불우로 2000 5층	소재지	부서(소재지/등록번호)
연락처	연락처: 02-6998-0059	연락처	연락처: 02-6998-0059
주소	주소: 서울특별시 서초구	주소	주소: 서울특별시 서초구
시험·검사목적	시험·검사목적: 식용유지용기		

시험·검사 항목 및 결과

시험·검사 항목	시험·검사 기준	시험·검사 결과	단위	비고
납(Ni)/mg/g	기준없음	0.0	상기내용확인함	
카드뮴(Cd)/mg/g	기준없음	0.8	상기내용확인함	
크롬(Cr)/mg/g	기준없음	3.3	상기내용확인함	
과산화수소(H ₂ O ₂)/mg/g	기준없음	8	상기내용확인함	
벤조피렌(BaP)/mg/g	기준없음	불검출	상기내용확인함	

시험일자: 2018년 06월 14일
 (주)산업공해연구소
 1537개 서울특별시 강남구 테헤란로 130 5층 509호 5098-1000
 F:02-2009-1297 P:02-2009-1298

<세라믹기판센서 20일 침지 후 성적서>

<세라믹기판센서 40일 침지 후 성적서>

<세라믹기판센서 60일 침지 후 성적서>

2. 시제품 설계 및 성능평가

(가) 센서 Main Board 회로도

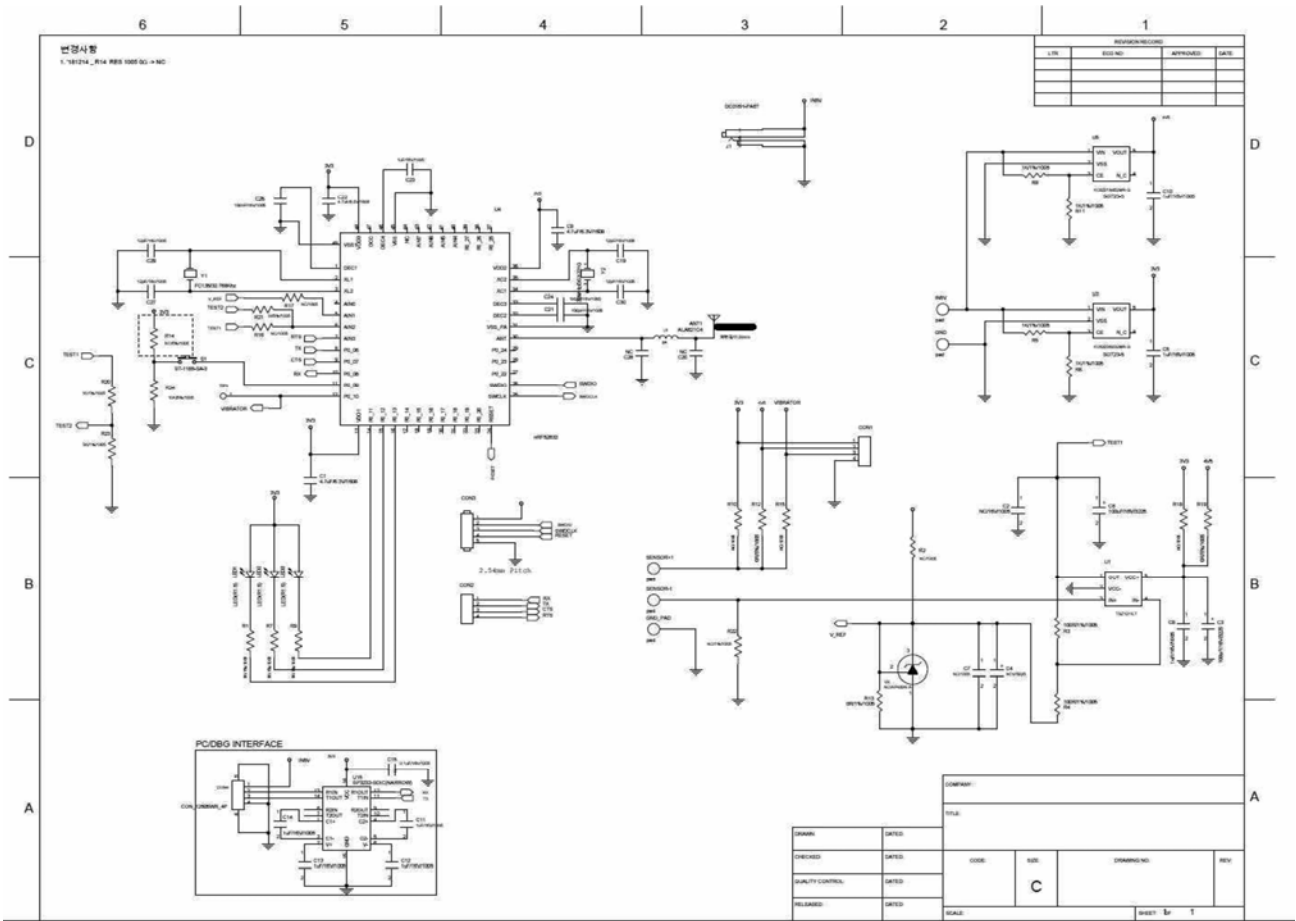


그림 8. Main Board Sensor 회로설계도

(나) Main Board Aat Work

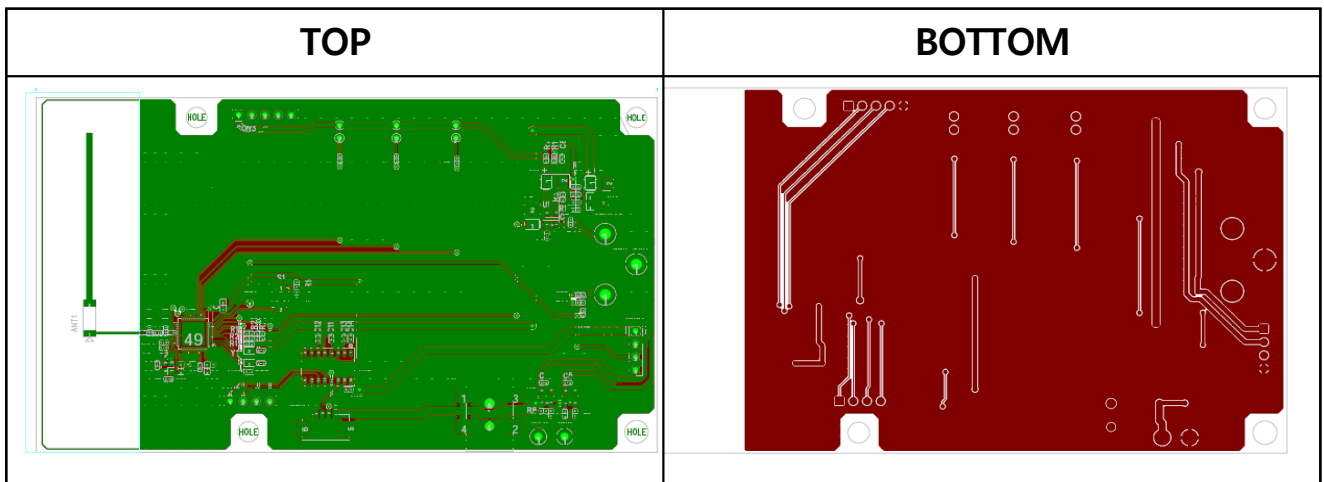


그림 9. Main PCB Layout

(다) Sensor 부

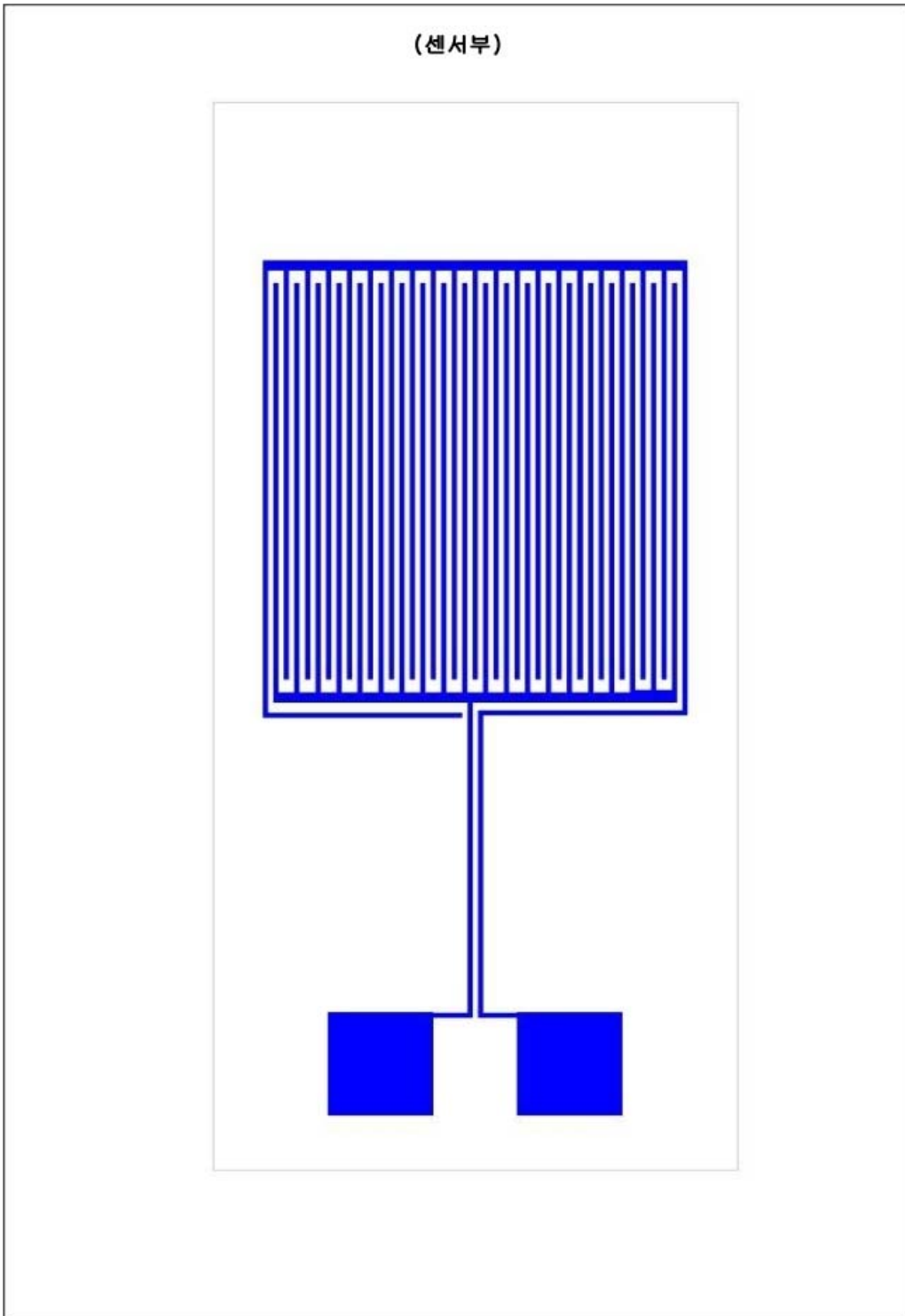


그림 10. 센서부

(라) 소프트웨어

- 실시간 고온의 식용오일 산화상태를 튀김기기 내에서 자동 측정하여 매장 내·외부에 Bluetooth통신을 이용하여 디스플레이 하도록 시스템으로 소프트웨어를 설계·구성 하였다.

```

- ADC 처리부분.

void saadc_callback(nrf_drv_saadc_evt_t const * p_event)
{
    // uint32_t adc_result0 = 0, adc_result1 = 0;
    // uint32_t OilRawAdcValue = 0;
    // uint16_t OilResultCnt = 0;
    // uint16_t OilOffsetValue = 0;

    // uint32_t TempRawAdcValue = 0;
    // uint16_t TempResultCnt = 0;
    // uint16_t TempOffsetValue = 0;

    nrf_saadc_value_t min=0x7FFF, max = 0, data;
    ret_code_t err_code;

    if (p_event->type == NRF_DRV_SAADC_EVT_DONE)
    {
        err_code = nrf_drv_saadc_buffer_convert(p_event->data.done.p_buffer, SAMPLES_IN_BUFFER);
        APP_ERROR_CHECK(err_code);

        // 불검출 : 실패
        min=0x7FFF;
        max = 0;
        for (int i = 0; i < SAMPLES_IN_BUFFER; i+=ADC_CH_NUM)
        {
            data = p_event->data.done.p_buffer[i];
            if(p_event->data.done.p_buffer[i] > 0)
            {
                if(data < min) min = data;
                if(data > max) max = data;
                OilRawAdcValue += data;
                OilResultCnt ++;
            }
        }

        OilRawAdcValue -= (min + max);
        OilResultCnt -= 2;
        if(OilResultCnt)
        {
            OilRawAdcValue /= OilResultCnt;
            OilOffsetValue = ADC_RESULT_IN_MILLI_VOLTS(OilRawAdcValue) + DIODE_FWD_VOLT_DROP_MILLIVOLTS;
            // 불검출 : 실패
            adc_result0 = (uint32_t)ss_vl_in_milli_volts;
            saadc_send_ble(ss_vl_in_milli_volts);
        }
    }

#define TEMP_OFFSET_VALUE 300
#define SERIESRESISTOR 300.0
#define NOMINAL_RESISTANCE 10000.0
#define NOMINAL_TEMPERATURE 25.0
#define BCOEFFICIENT 3724.0

    min=0x7FFF;
    max = 0;
    for (int i = 1; i < SAMPLES_IN_BUFFER; i+=ADC_CH_NUM)
    {
        data = p_event->data.done.p_buffer[i];
        if(p_event->data.done.p_buffer[i] > 0)
        {
            if(data < min) min = data;
            if(data > max) max = data;
            TempRawAdcValue += data;
            TempResultCnt ++;
        }
    }

    TempRawAdcValue -= (min + max);
    TempResultCnt -= 2;
    double Resistance;
    double steinhart;

    if(TempResultCnt)
    {
        TempRawAdcValue /= TempResultCnt;
        // adc_result1 = (uint32_t)ss_vl_in_milli_volts;
        TempOffsetValue = ADC_RESULT_IN_MILLI_VOLTS((TempRawAdcValue > TEMP_OFFSET_VALUE)? TempRawAdcValue- TEMP_OFFSET_VALUE : 0) + DIODE_FWD_VOLT_DROP_MILLIVOLTS;
        Resistance = ((double)ADC_RES_LOBIT / (double)TempOffsetValue) - 1;
        Resistance = SERIESRESISTOR / Resistance;

        steinhart = Resistance / NOMINAL_RESISTANCE; // (R/Rn)
        steinhart = log(steinhart); // ln(R/Rn)
        steinhart /= BCOEFFICIENT; // 1/B * ln(R/Rn)
        steinhart += 1.0 / NOMINAL_TEMPERATURE * 273.15; // 1/T0 + ln(R/Rn) / B

        steinhart = 1.0 / steinhart; // inverse
        steinhart -= 273.15; // convert to C
    }
    saadc_send_ble((uint16_t)OilRawAdcValue, OilOffsetValue, TempRawAdcValue, steinhart);
}
}

```

그림 11. 소프트웨어 ADC 처리부

- 통신부.

```

static void saadc_send_ble(uint16_t OilRawData , uint16_t OilOffsetData , uint16_t TempRawData , float TempOffsetData)
{
    sws_code_t err_code;
    uint8_t data_array[BLE_NUS_MAX_DATA_LEN]={'0','A','2','5','5','D','0',' ',' ','0','0','0','0','0x0d,0x00};
    static uint32_t PacketCnt = 0;
    uint16_t length =13;
    uint16_t Voltage2AV_Factor[]={881 , 892 , 893};
    uint32_t DisplayValue;
    uint32_t Index;

    if(gDebug == false)
    {
        if( (OilOffsetData == 0) || (OilOffsetData > ADC_REF_VOLTAGE_IN_MILLIVOLTS) ) return;
        OilOffsetData = Filter(OilOffsetData);
        if(sys_data.UserFactor != VoltageMode)
            DisplayValue = (Voltage2Value(OilOffsetData, (displayMode_t)(sys_data.DisplayMode)) * sys_data.UserFactor) / 100;
        else
            DisplayValue = OilOffsetData;

        NRF_LOG_INFO("Data : %d, DisplayValue = %d , %d ",OilOffsetData , DisplayValue,sys_data.DisplayMode);
        if((DisplayMode == VoltageMode) || (DisplayMode == KvMode))
        {
            data_array[6] = (DisplayValue / 1000)+'0';
            DisplayValue %= 1000;
            data_array[7] = '.';
            data_array[8] = (DisplayValue / 100) + '0';
            DisplayValue %= 100;
            data_array[9] = (DisplayValue / 10) + '0';
            DisplayValue %= 10;
            data_array[10] = DisplayValue+'0';
        }
        else
        {
            if(DisplayValue >= 1000)
            {
                data_array[6] = (DisplayValue / 1000) + '0';
                DisplayValue %= 1000;
            }
            else data_array[6] = '.';

            data_array[7] = (DisplayValue / 100) + '0';
            DisplayValue %= 100;
            data_array[8] = '.';
            data_array[9] = (DisplayValue / 10) + '0';
            DisplayValue %= 10;
            data_array[10] = DisplayValue + '0';
        }
    }
    else
    {
        PacketCnt++;
        sprintf((char *)data_array , "%08d,%05d,%05d,%05d, %0.2f,%d,%d\r\n",PacketCnt ,OilRawData ,OilOffsetData , \
            TempRawData , TempOffsetData, \
            gHeater ,gCooking);
    }

    length = strlen((const char *)data_array);
    NRF_LOG_INFO("%s",data_array);
    if(gAdeRunFlag && (m_conn_handle != BLE_CONN_HANDLE_INVALID))
    {
        err_code = ble_nus_data_send(m_nus , data_array , length , m_conn_handle);
        if { (err_code != NRF_ERROR_INVALID_STATE) && (err_code != NRF_ERROR_BUSY) &&
            (err_code != NRF_ERROR_NOT_FOUND) }
        {
            APP_ERROR_CHECK(err_code);
        }
    }
}
} // end module send_ble ?

```

그림 12. 통신부

- Display Mode 전환부.

```
void bsp_event_handler(bsp_event_t event)
{
    NRF_LOG_INFO("bsp_event_handler");
    switch (event)
    {
        case BSP_EVENT_KEY_0:
            NRF_LOG_INFO("BSP_EVENT_KEY_0");
            if(bsp_board_button_state_get(BSP_BOARD_BUTTON_0)==APP_BUTTON_PUSH)
            {
                switch(DisplayMode)
                {
                    case VoltageMode :
                        DisplayMode = AvMode;
                        break;
                    case AvMode:
                        DisplayMode = TpmMode;
                        break;
                    case TpmMode :
                        DisplayMode = VoltageMode;
                        break;
                    default:
                        DisplayMode = VoltageMode;
                        break;
                }
                sys_data.DisplayMode = DisplayMode;
            }
            AppNvRamWrite();
            break;
#ifdef
        default:
            break;
    } : end switch event :
} : end bsp_event_handler :
```

그림 13. Display Mode 전환부

(마) 기구도면

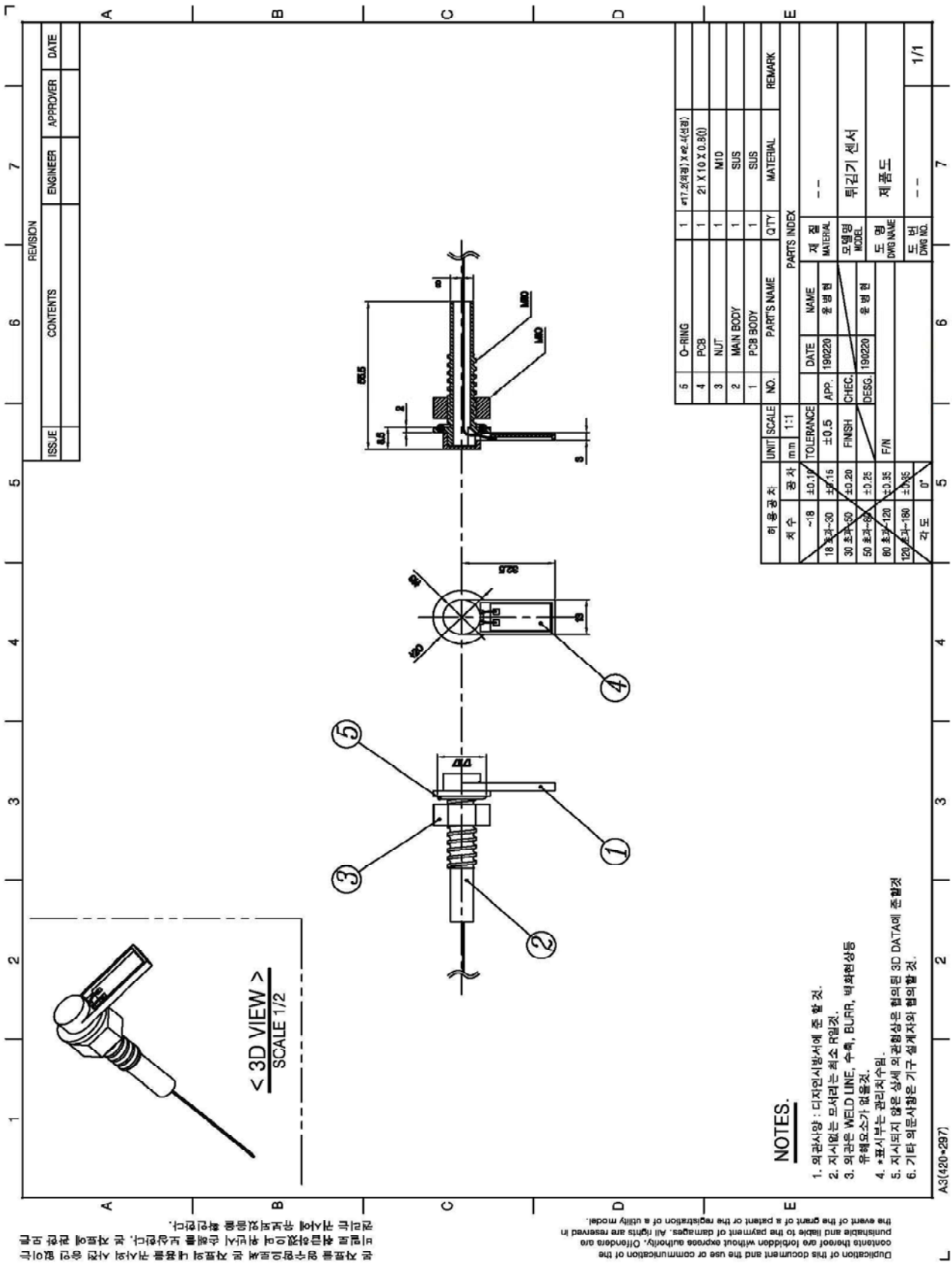


그림 14. 센서 외부 SUS 가공도면

2. 시제품 성능 테스트
 (가) 30일 침지 테스트



그림 15. 30일간 침지 테스트 사진 일부

(나) 장시간 침지 테스트 (1시간~154시간)

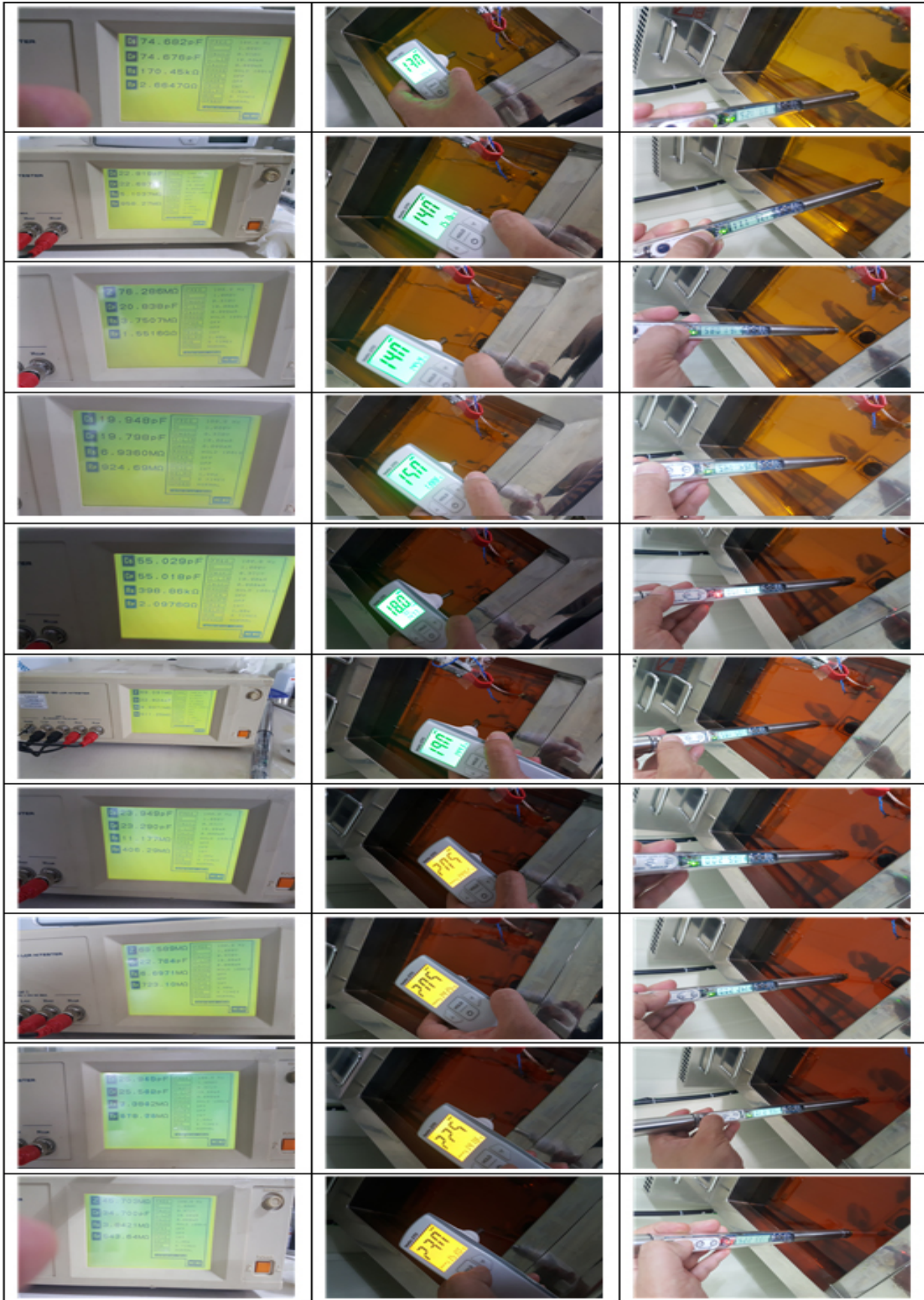


그림 16. 장시간 침지 테스트 사진 일부

(다) 시제품 내부 테스트 결과

횟 수	Proto Sample(V)	일본(AV)	일본(TPM)	독일(TPM)
0	0.582	0.27	7.0	7.5
1	0.713	0.32	8.5	9.5
2	0.972	0.38	9.0	10.5
3	1.097	0.44	9.5	11.0
4	1.215	0.59	10.0	12.0
5	1.571	0.76	10.5	13.5
6	1.705	0.81	10.5	15.0
10	1.841	0.98	11.5	17.5
11	1.989	1.18	11.0	19.0
12	2.234	1.38	12.5	20.5
13	2.387	1.74	14.5	21.5
14	2.348	1.68	16.0	21.0
15	2.517	1.79	17.5	21.0
16	2.492	1.85	18.0	21.5
17	2.534	2.08	19.0	22.0
18	2.537	1.98	21.5	23.0
19	2.674	2.17	22.0	23.0
20	2.658	2.16	21.5	22.0

표 18. 시제품 산화도 내부 테스트

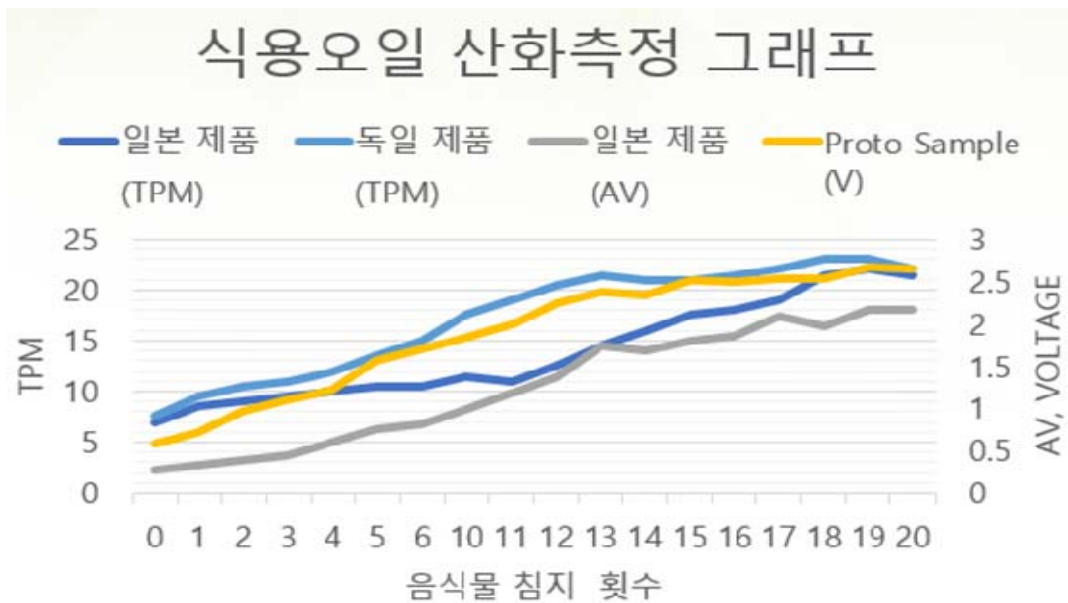


그림 17. 시제품과 타사제품과 산화측정 비교 그래프

(라) 시제품 최종 성능평가

○ 내부 검증 test를 완료 후 측정된 전압을 국내규격인 FFA(A.V)로 변환하기 위하여 Main Board F/W를 수정한 센서를 튀김기기에 부착하여 최종 TEST를 진행하였다. 측정 시 일부 구간마다 산업공해연구소와 같이 검증하기 위하여 특정구간의 샘플을 추출하여 검사의뢰를 진행하여 시제품의 성능을 검증 및 분석 하였다.

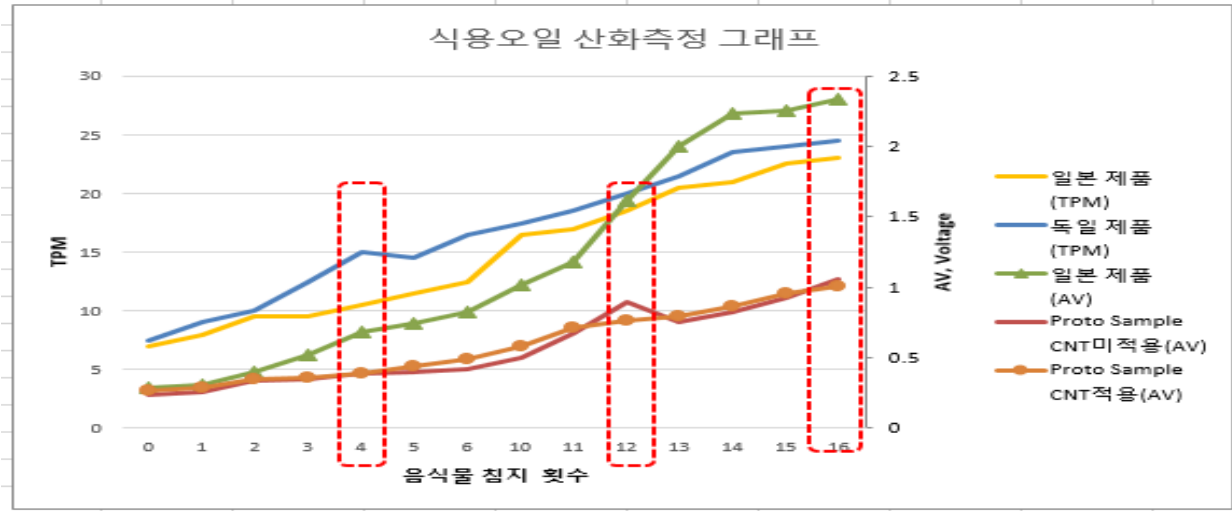


그림 18. 특정 구간 샘플 시험 성적 비교 그래프

횟수	Sample CNT미적용 (AV)	Sample CNT적용 (AV)	일본제품 (AV)	일본제품 (TPM)	독일제품 (TPM)	산업공해 연구소 (AV)
0	0.2336	0.2724	0.29	7	7.5	
1	0.2592	0.286	0.31	8	9	
2	0.3388	0.3456	0.4	9.5	10	
3	0.3476	0.3556	0.52	9.5	12.5	
4	0.3888	0.3932	0.68	10.5	15	0.33
5	0.3992	0.4376	0.74	11.5	14.5	
6	0.4216	0.4952	0.82	12.5	16.5	
10	0.5028	0.5836	1.02	16.5	17.5	
11	0.6736	0.7164	1.18	17	18.5	
12	0.891	0.762	1.62	18.5	20	0.67
13	0.7568	0.7916	2	20.5	21.5	
14	0.8228	0.866	2.23	21	23.5	
15	0.9296	0.9592	2.25	22.5	24	
16	1.054	1.0072	2.33	23	24.5	1.00

표 19. 특정구간 샘플 데이터 값 비교 도표



문서확인번호: BULL-18V6-08N8-TEBJ

시험 · 검사성적서

발행번호	R20171218-0013	접수번호	170108587-002
검사연월일	2017-12-18	접수연월일	2017-12-06
제품명	샘플2		
(품목)제조번호	품목제조신고번호		
유형 · 재질 · 품목명	기타기준규격		
제조(수입)업	유통(유통유지)기업		
상명	업체명 (주)세이케이글로벌		
의뢰자	소재지 서울특별시 금천구 가산디지털2로 115 대흥테크노타워3차 906호	전화번호: 02-6959-9259	팩스번호: _____
주소지	소재지	전자우편: _____	제조국: _____
제조원	소재지		
시험 · 검사목적	식품 (기타(참고항))		

시험 · 검사 항목	시험 · 검사 기준	시험 · 검사 결과	판정	비고
상가	기준없음	0.33	상기실험확인함	
과산함율가	기준없음	10.68	상기실험확인함	
요오드가	기준없음	103.27	상기실험확인함	
변조피켈	기준없음	불검출	상기실험확인함	

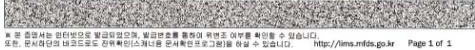
종합판정: 상기실험확인함
 시험검사원: 김현수, 조한나
 시험검사책임자: 조영준, 채종선
 비고:

※ 위 판정은 의뢰된 시험 · 검사 항목만을 대상으로 한 것입니다.
 ※ 지면이 부족한 경우 시험 · 검사 항목 및 결과항은 별지로 작성 가능합니다.
 ※ 검사결과를 알고자하거나 용기 · 포장 등에 표시할 때에는 시험 · 검사성적서 전체 내용을 모두 표시하여야 합니다.

2017년12월18일

(주)산업공해연구소

153-78 서울시 금천구 디지털로 130 남성프라자 1008-1010 F:02-2006-1267 F:02-2006-1268



<샘플 4번 구간 검사 성적서>



문서확인번호: UEWR-KXYY-72T3-K80E

시험 · 검사성적서

발행번호	R20171218-0014	접수번호	170108587-003
검사연월일	2017-12-18	접수연월일	2017-12-06
제품명	샘플3		
(품목)제조번호	품목제조신고번호		
유형 · 재질 · 품목명	기타기준규격		
제조(수입)업	유통(유통유지)기업		
상명	업체명 (주)세이케이글로벌		
의뢰자	소재지 서울특별시 금천구 가산디지털2로 115 대흥테크노타워3차 906호	전화번호: 02-6959-9259	팩스번호: _____
주소지	소재지	전자우편: _____	제조국: _____
제조원	소재지		
시험 · 검사목적	식품 (기타(참고항))		

시험 · 검사 항목	시험 · 검사 기준	시험 · 검사 결과	판정	비고
상가	기준없음	0.67	상기실험확인함	
과산함율가	기준없음	14.31	상기실험확인함	
요오드가	기준없음	99.35	상기실험확인함	
변조피켈	기준없음	불검출	상기실험확인함	

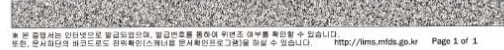
종합판정: 상기실험확인함
 시험검사원: 김현수, 조한나
 시험검사책임자: 조영준, 채종선
 비고:

※ 위 판정은 의뢰된 시험 · 검사 항목만을 대상으로 한 것입니다.
 ※ 지면이 부족한 경우 시험 · 검사 항목 및 결과항은 별지로 작성 가능합니다.
 ※ 검사결과를 알고자하거나 용기 · 포장 등에 표시할 때에는 시험 · 검사성적서 전체 내용을 모두 표시하여야 합니다.

2017년12월18일

(주)산업공해연구소

153-78 서울시 금천구 디지털로 130 남성프라자 1008-1010 F:02-2006-1267 F:02-2006-1268



<샘플 12번 구간 검사 성적서>



문서확인번호: GB8A-JLX8-EDX1-60AC

시험 · 검사성적서

발행번호	R20171218-0015	접수번호	170108587-004
검사연월일	2017-12-18	접수연월일	2017-12-06
제품명	샘플4		
(품목)제조번호	품목제조신고번호		
유형 · 재질 · 품목명	기타기준규격		
제조(수입)업	유통(유통유지)기업		
상명	업체명 (주)세이케이글로벌		
의뢰자	소재지 서울특별시 금천구 가산디지털2로 115 대흥테크노타워3차 906호	전화번호: 02-6959-9259	팩스번호: _____
주소지	소재지	전자우편: _____	제조국: _____
제조원	소재지		
시험 · 검사목적	식품 (기타(참고항))		

시험 · 검사 항목	시험 · 검사 기준	시험 · 검사 결과	판정	비고
상가	기준없음	1.00	상기실험확인함	
과산함율가	기준없음	15.08	상기실험확인함	
요오드가	기준없음	88.84	상기실험확인함	
변조피켈	기준없음	불검출	상기실험확인함	

종합판정: 상기실험확인함
 시험검사원: 김현수, 조한나
 시험검사책임자: 조영준, 채종선
 비고:

※ 위 판정은 의뢰된 시험 · 검사 항목만을 대상으로 한 것입니다.
 ※ 지면이 부족한 경우 시험 · 검사 항목 및 결과항은 별지로 작성 가능합니다.
 ※ 검사결과를 알고자하거나 용기 · 포장 등에 표시할 때에는 시험 · 검사성적서 전체 내용을 모두 표시하여야 합니다.

2017년12월18일

(주)산업공해연구소

153-78 서울시 금천구 디지털로 130 남성프라자 1008-1010 F:02-2006-1267 F:02-2006-1268



<샘플 16번 구간 검사 성적서>

(마) 시제품 최종 개발제품

- 스마트 튀김기기의 개발은 산가측정센서를 튀김기기에 부착하여 실시간으로 산화도를 측정하여 측정된 산가수치의 값을 표시부에 표시하여 사용자에게 정량적으로 교체시기를 알려주는 것이 주된 최종 개발이다.



그림 19. 산화도 측정 센서가 내장된 스마트튀김기기

- 산화도 측정 Sensor가 내장된 스마트 튀김기 개발은 실시간으로 식용 유지의 산화상태를 측정하고 측정된 산화 상태 수치에 표시부에 표시하고 식용유의 부패 범위를 넘으면 알람을 울리고, 알람이 울린 후에도 식용유를 교체하지 않으면 일정 시간이 지난 후에 셧-다운 시켜 사용자가 기름교체 시기를 정확히 인식하고 교체할 수 있도록 고안하여 만든 기술이다.
- 이 기술은 식품 품질 분야에 있어 유해물질의 섭취를 사전에 차단하여 인류의 건강에 기여할 수 있는 기술 개발 제품이다.



그림 20. 유해물질의 섭취 차단 시스템 적용

- 스마트튀김기기의 실시간 산가수치를 Bluetooth 통신을 이용하여 매장 내·외부에 신호등 형태로 산가 지수를 직접 디스플레이하거나 적색알람 램프 또는 청색 안전램프 표시를 통해 소비자들에게 정보를 제공하여 소비자 품질 신뢰도 제고를 확보 할 수 있다.



그림 21. 실시간 산가정보 제공 시스템 적용

제 4 장 목표달성 및 관련분야에의 기여도

제 1절 연구목표 달성도 현황

1. 연구목표 달성도

- 목표 달성도는 충분히 달성하였다. 다만 TPM 측정의 경우 국내 규격이 존재하지 않아 비교하는데 어려움은 있으나 참고치의 결과로 진행하였다.
- 평가 방법은 그동안 TEST한 결과로 제작된 최종 센서를 튀김기기에 부착하여 내부 TEST를 진행하였고 측정시마다 추출한 식용오일 샘플을 준비하여 국내 측정기관(산업공해연구소)에 의뢰하여 분석한 성적서와 비교 검토하여 연구목표에 달성 하였다.

No.	성능지표명	본 과제를 통한 목표	목표 달성률 (기준 산업공해연구소/당사)
1	TPM	TPM 0.0~40%±1.5%	국내 규격은 존재하지 않음 초기 목표한 TPM 측정 편차 ±1.45% 달성율 : 100%
2	산가 측정	2.5% ~ 3.0%	시중판매 계측기 편차 MAX값 약 +2.3배 연구 개발 계측기 편차 MAX값 약 +0.05배 달성율 : 100%
3	온도 측정범위	+40℃ ~ +200℃ ±1.5%	측정 온도 편차 ± 1.1% · 디스플레이값 : 170℃ · 측정값 : 168.5℃ 달성율 : 100%

표 20. 연구목표 달성도

2. 성과목표 달성도

- 튀김유의 실시간 산가측정 및 산가정보 제공 시스템 및 방법은 2015년 4월 7일 국내특허 등록 및 개별 국가 진출을 위한 PCT출원 후 미국과 중국에 2015년 12월 특허 출원을 하여 현재 등록 인증을 위한 현지 대리인을 선임하여 계속적으로 대응 중에 있다.
- 백금플레이트를 에칭 한 세라믹기관의 산화측정 센서의 추가적인 국내 특허출원을 검토 중에 있으며 2019년 6월경 기술특허 및 디자인 특허출원 예정이다.

성과 목표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과				교 육 지 도	인 력 양 성	정책 활용·홍보		기 타 (타 연 구 활 용 등)
	특 허 출 원	특 허 등 록	품 종 등 록	건 수	기 술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논문		학 술 발 표	정 책 활 용			홍 보 전 시		
												SCI	비 SCI						논 문 평 균 IF	
단위	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	1건	명	건	1건			
가중치	10			5	2.22	30	30		5	5	5			5				5		
최종목표	1			1	2.24	2	353		6	3.12	1			1				1		
달성율(%)				100	100	100	100		100	100	50							100		

표 21. 성과목표 달성도

2. 관련분야 기여도

(가) 외식산업과 결합된 전자전기, Sensor회로 기술 경쟁력 확보

- 식품품질관리 기술, Sensor기술의 국산화 및 스마트 튀김기기 기술 확보로 인한 산업 경쟁력을 확보할 수 있다.
- 세계최초 식용유지의 산화도를 튀김기기 내에서 실시간 측정이 가능한 시스템 개발의 국산 기술로 개발된 센서의 축적된 핵심기술로 다양한 분야의 적용 및 추가개발이 가능하다.

(나) 식품안전 및 식품품질 신뢰도 확보로 보건증진과 외식산업의 발전

- 외식 사업 분야 사업화 제품의 다양화(소형, 중형, 대형 튀김기기, 휴대용 계측기)
- 식품가공업분야, HACCP 인증업체 등 식용유지의 측정 및 기록장치의 보급
- 산가/산패 계측기, 스마트튀김기기, Sensor 보드, 식품안전 인증업체, 패스트푸드 업체, 외식 프랜차이즈업체, 학교급식업체, 제과업체, 식품인증/식품 제조업체, 식품가공업체에 공급으로의 확대
- 산화도 측정 Sensor가 내장된 스마트 튀김기기의 개발은 실시간 식용 유지의 산화상태를 측정하고 측정된 수치의 값을 표시부에 표시하고 식용유의 부패 범위를 넘으면 알람을 울리고, 알람이 울린 후에도 식용유를 교체하지 않으면 일정 시간이 지난 후에 셧-다운시켜 사용자가 기름교체 시기를 정확히 인식하고 교체할 수 있도록 한다.

- 이 기술은 식품 품질 분야에 있어 유해물질의 섭취를 사전에 차단하여 인류의 건강에 기여할 수 있도록 계획한 기술 개발 제품이다.



그림 22. 산화측정 센서 및 유해물질의 섭취 차단 시스템과 산기정보제공이 적용된 스마트튀김기기

- (다) 산화측정 장치 및 스마트튀김기기의 보급은 식품 품질 분야에 있어서 유해물질의 섭취를 사전에 차단하도록 하여 국민 건강 증진과 소비자 신뢰도 제고에 기여할 수 있을 것으로 기대됨

letter of intent

Company Name : 大连正进贸易有限公司
 CEO : 姜丽女
 Company Registration Number : 91210203MAOYATQ238
 address : 辽宁省大连市西岗区新开路87号7层6号
 phone/Fax : 0411-65903888

We would like to purchase smart fryer, which is under development, as a company that practices healthy food culture based on safety. We hope that you will supply your smart fryer first when we develop as follows.

(A smart fryer that informs the user of the objective oil gauge timing through real-time acid value measurement and automatically controls the frying of cooked oil over the replacement period)

- Information -

Product Name	model name	Estimated amount	Purchase quantity	Amount of amount	Note
Smart fryer	undecided	USD2,215	100EA	USD221,500	-Standard in a new store - Old machine change
Contact person / position / Phone					

2019. 02. 15.

Dear JK GLOBAL Co., Ltd.



구매의향서

회사명 : 휴이루에프씨
 대표자 : 김대중
 사업자등록번호 : 100-10-1111111
 주 소 : 서울특별시 강남구 테헤란로 123
 연락처 : 02-1234-5678

당사는 안전을 기반으로 한 건강한 식문화 발전을 실현해 줄에 있는 스마트튀김기의 사용자에게 실시간 산기 측정을 할 일러주고, 코져시기를 넘어선 신제품 기종으로 튀김요리를 하는 것을 (자동화/자동제거) 구매를 희망 하오니 다음과 같이 개발이 튀김기를 당사에 우선적으로 공급 하여 주시기를 바랍니다.

- 다음 -

품 명	모델명	예산단가	구입희망수량	공급
스마트튀김기	미정	130만원	500대	605대
담당자/직책				

2017. 4. 20

주식회사 제이케이글로벌

구매의향서

회사명 : 에스에이프렌다이즈
 대표자 : 김대중
 사업자등록번호 : 100-10-1111111
 주 소 : 서울특별시 강남구 테헤란로 123
 연락처 : 02-1234-5678

당사는 안전을 기반으로 한 건강한 식문화 발전을 실현하는 회사로써 귀사가 개발 중에 있는 스마트튀김기의 사용자에게 실시간 산기 측정을 통한 과학적인 기술 고체시기를 알려주고, 코져시기를 넘어선 신제품 기종으로 튀김요리를 하는 것을 (자동화/자동제거) 구매를 희망 하오니 다음과 같이 개발이 튀김기를 당사에 우선적으로 공급 하여 주시기를 바랍니다.

- 다음 -

품 명	모델명	예산단가	구입희망수량	공급금액	비고
스마트튀김기	미정	130만원	200 대	만원	-신규개발용 -도매업자/기초
담당자/직책					

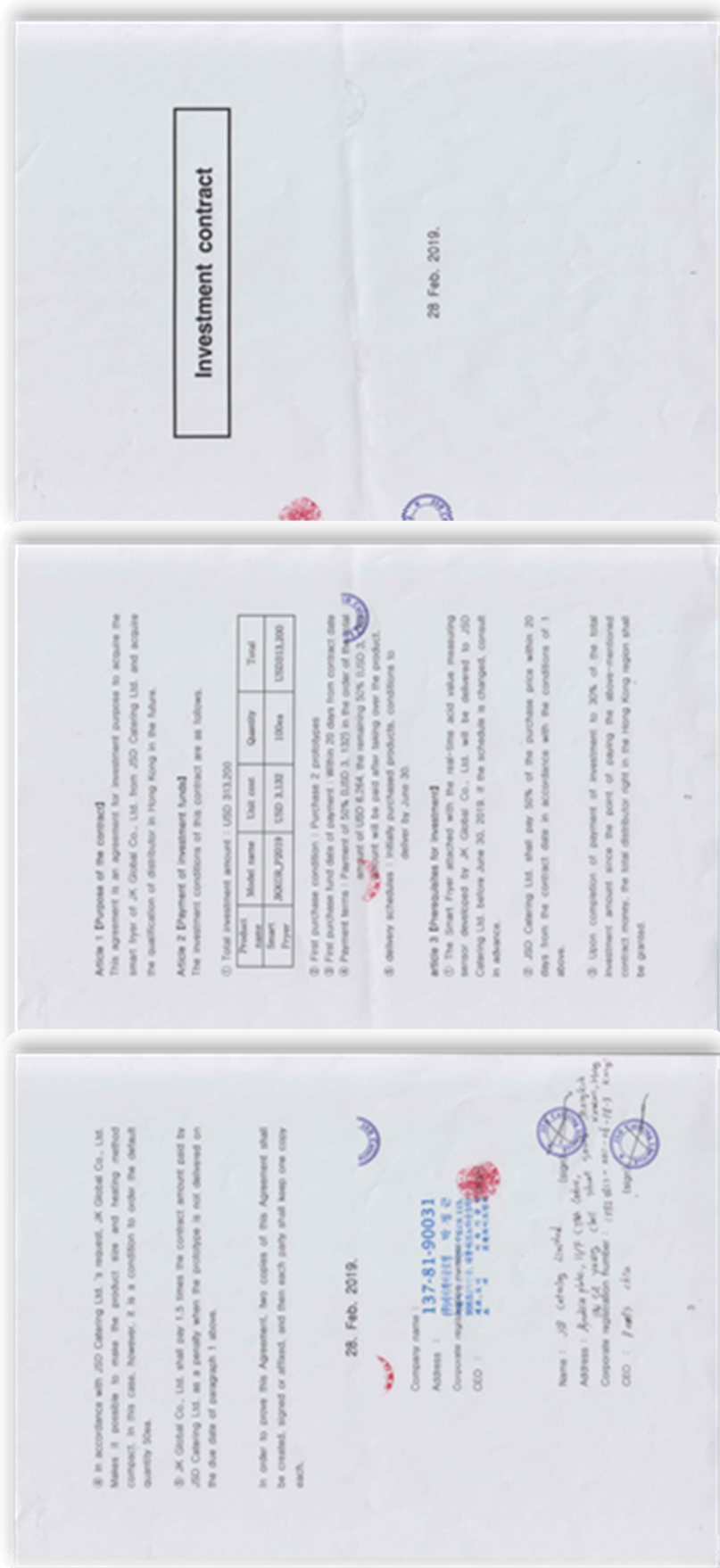
2017. 4. 27.

주식회사 제이케이글로벌 귀하.

제 5 장 연구결과와 활용 계획

1. 사업화성과 및 국내외 식품 품질분야 활용
 - 국내외 구매의향서

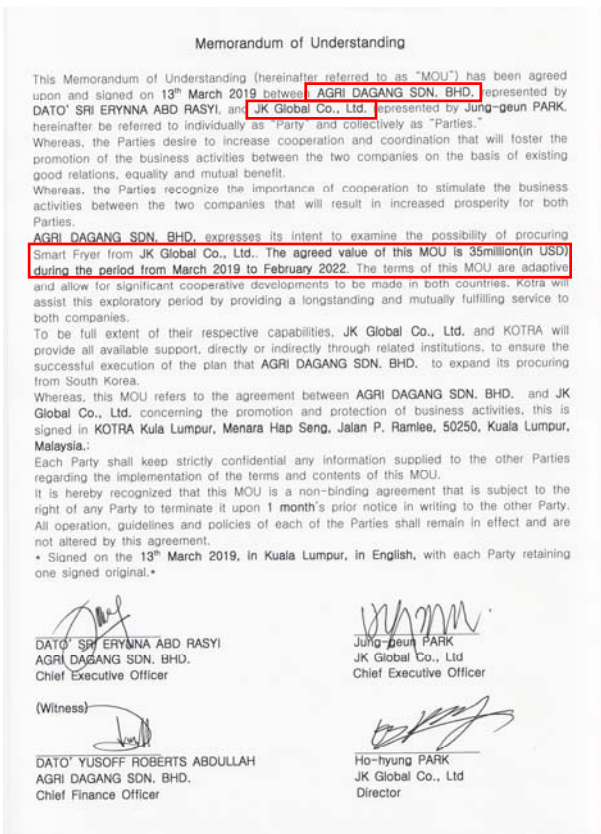
○ 해외 홍콩 투자유치 계약서



○ 해외 말레이시아 MOU체결 관련 보도자료 링크

- <http://www.wsobi.com/news/articleView.html?idxno=70939>
- <http://mnb.moneys.mt.co.kr/mnbview.php?no=2019031610598079255&type=1&comd=2&page=1>
- <http://sbiznews.com/news/?action=view&menuid=75&no=43502>
- <http://www.kukinews.com/news/article.html?no=642450>

”JK글로벌, 말레이시아와 3,500만 달러 MOU 체결”



- 식품가공업분야, 식품기계제조분야, HACCP 인증업체 등 실시간 식용 유지의 측정 Sensor 보드 제품 확대 및 산가/산패 계측기, 스마트튀김기, Sensor보드 등 국내 및 해외 수출 확대 및 식품기기제조 업체와의 협업을 통한 제품생산의 활용을 진행 하고 있다.

제 6장 참고문헌

1. 오일의 전산가 측정장치 및 수명산출장치, 이를 이용한 오일의 전산가 및 오일센서
2. 탄소나노튜브를 이용한 가열 산화 유지의 특성평가 : 대두유를 중심으로
3. 탄소나노튜브를 이용한 대두유의 가열산화 특성평가
4. Aditama S. Dielectric properties of palm oils as liquid insulating materials: effects of fat content. In Electrical Insulating Materials. Proceedings of International Symposium on IEEE 2005(1): 91-94.
5. Agilent Technologies. Agilent 4263B LCR Meter User' s Guide 4th ed., Japan; 2000.
6. Alexander JF, Price dT, Bhansali S. Optimization of interdigitated electrode (IDE) arrays for impedance based evaluation of Hs 578T cancer cells. In: Journal of Physics: Conference Series, 2010. IOP Publishing, 012134.
7. Darma IS. Dielectric properties of mixtures between mineral oil and natural ester. In Electrical Insulating Materials, 2008. (ISEIM 2008). International Symposium on (pp. 514-517). IEEE.
8. Saltmarsh M. Rapid analysis of fats and oils: thermal degradation. Presented at Western Food Industries Conference 1990; UC Davis, March.
9. SV-A Series Sine-wave Vibro Viscometer. User Handbook; Ver. 1.13E. International Div., A&D Company, Limited, Japan, 2009.
10. Thong-un N, Sriratana W, Tanachaikhan L. Design of Capacitive Sensor for Concentration Measurement. In: SICEICASE, 2006. International Joint Conference. IEEE, 2006: 1959-1962

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 고부가가치식품기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 고부가가치식품기술 개발사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.

1. 연구개발실적

※ 다음 각 평가항목에 따라 자체 평가한 등급 및 실적을 간략하게 기술(200자 이내)

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

이번 고부가가치식품기술개발사업을 통하여 전적으로 해외 기술에 의존하는 기술력을 국산화하는데 성공하였으며 이를 기반으로 더 많은 사업을 추진할 수 있으리라 판단합니다.

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

이번 연구개발을 통하여 식품품질관리 분야에서의 인체 유해성 검증에 대한 핵심 기술개발로 가져 올 파급효과는 소비자 신뢰도 제고 및 유해물질의 섭취를 사전에 차단하여 국민 건강에 기여하수 있으며 이미 해외 홍콩 바이어 와는 투자계약을 체결하였고 말레이시아 업체와 3500만달러의 MOU를 체결하는 등 국내는 물론 해외 시장에서의 파급효과는 매우 크다 할 것입니다.

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

식품가공업분야, 식품기계제조분야, HACCP인증 업체 등 실시간 식용 유지의 측정 Sensor보드 제품으로 확대가능 하며, 패스트푸드 업체, 프랜차이즈 업체, 학교급식과 같은 대형 급식업체, 제과업체, 조리 기구판매업체와 같은 “식품인증/식품 제조업체” 또는 “식품가공 및 제조업체” 에 공급할 수 있는 기술입니다.

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

본 연구개발에 있어 2017년도 6월부터 연구완료일인 2018년도 12월까지 수많은 연구와 테스트를 진행 하였고, 연구 결과의 검증을 위한 국가기관의 분석을 통하여 시료 검증으로 연구의 신뢰성 확보 하였 으며, 식용오일 에서의 장시간 침지 시 유해물질 발생유무에서도 문제가 없었음을 검증하여 산화측정 Sensor를 개발한데는 있어 많은 노력을 다하여 성실히 수행 하였습니다.

5. 공개 발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

논문의 경우 센서 학회에 심사를 진행 받았으나 1차 수정 판정을 받아서 내용을 수정하여 재 제출 예정이며 특허관련 하여 국내특허 등록 후 미국진출을 위하여 특허출원 후 등록을 위한 현지 대리인의 업무 대응을 지속적으로 하고 있습니다. 또한 이번 아세안3국 문제인 대통령순방 경제사절단에 참여하여 “JK글로벌, 말레이시아와 3,500만 달러 MOU 체결” 이라는 놀라운 성과를 이루어 냈습니다.
<http://sbiznews.com/news/?action=view&menuid=75&no=43502>

II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자 체 평 가
TPM (Total Polar Materials)	15	100	TPM의 경우 우리나라 규격에는 없으나 유럽과 일부 아시아 국가에서 TPM 규격을 사용하고 있어 해외수출을 염두 해 두고 개발 제품에 적용완료 하였다.
산가 측정	80	100	FFA(산가)측정의 경우 식약청에서 규정하는 MAX 2.5%의 수치를 기준으로 하여 내부 검증결과와 국가기간(산업공해연구소)에서 분석 검증을 통하여 산가측정 결과 값의 비교를 통하여 신뢰도에 문제가 없었으며 오차범위 $\pm 1.5\%$ 만족함
온도 측정범위	5	100	기름 온도에 따른 산간 오차가 온도가 올라가는데 15분 정도 소요되고 그때 측정한 산가의 오차범위는 $\pm 1.5\%$ 만족함
합계	100점	100	

III. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

식품품질관리에 있어 식용 유지의 적절한 교체 시기는 매우 중요하나 지금까지 사용자가 주관적 판단으로 식용 유지의 교환 시기를 결정해야 하여 한다는 문제점이 있었다. 그러나 이번 연구개발을 통하여 산가지수 TPM(Total polar materials), FFA(Free Fatty Acids)를 실시간으로 측정하여 사용자에게 정량적으로 교체시기를 알려주는 식용오일 산화측정 Sensor의 기술 개발로 사용자가 기름의 교체시기를 정확히 인식하고 교체할 수 있도록 하였다. 이 연구 개발 성과는 식품품질 분야에 있어 소비자의 신뢰 얻을 수 있으며 유해물질의 섭취를 사전에 차단하여 인류의 건강에 기여할 수 있는 기술 개발이다. 또한 스마트 튀김기에는 소비자가 기름상태를 알 수 있도록 스마트튀김기의 실시간 산가지수를 bluetooth 통신을 이용하여 매장 내·외부에 산가지수를 직접 Display하거나 적색알람램프 또는 청색 안전램프로 정보를 제공하여 소비자 품질 신뢰도 제고를 확보하게 된 계기를 만들었다.

그러나 현재 시급한 문제는 우리나라에 식용유지에 대한 정확한 규정 정립과 산화측정 장치에 대한 인증·검증기관이 존재하지 않아 국민건강 증진을 위해서라도 국가적 차원의 규정 정립 등 관련 연구가 절실히 필요할 것이다.

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

연구개발 진입 초기 TPM과 산가, 온도측정을 성능지표의 목표로 하여 기술 개발을 시작하였고 초기 탄소나노튜브를 적용하여 저 전류의 흐름을 측정하여 Sensor개발을 시작하였으나 탄소나노튜브를 이용하여 개발은 아직 우리나라에서도 탄소나노튜브를 이용한 연구는 초기단계이며 번들제거에 대한 장비이용 후 번들의 제거율이 일정하지 않고 기관 증착 율에 어려움과 인체유해성 검증에 따른 문제로 기관의 회로를 변경하여 세라믹기관에 백금플레이트로 예칭 하여 측정하는데 성공하였다. 또한 산가대비 TPM의 비중이 낮은 사유는 현재 우리나라 식약청에서 지정한 Spec은 산가만 존재하기에 우선 내수 시장을 목표로 산가의 비중을 높이고, TPM 규격을 사용하는 국가에도 수출을 위하여 동시 측정이 가능한 Sensor로 개발하였다.

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

식용유지의 산화도(산가/산폐)를 측정하는 Sensor를 이용하여 튀김기기를 사용하는 이용자에게 정량적인 식용오일의 사용을 제시할 수 있으며 시중에서 시판되는 수동형과 계측기 시장에서 경쟁력을 높이고 산화측정 Sensor가 내장된 스마트 튀김기기를 개발함으로써 향후 주방시스템의 변화를 주도하고 소비자에게 보다 건강하고 안전한 먹거리를 제공하며 소비자 신뢰도상승에 기여할 것이다.