



Girişimsel Olmayan Glikoz İzleme Deneş Düzenegİ Tasarımı

A Low Cost Design Non-invasive Glucose Monitoring Experimental Setup

Elif EVREN
Biyomedikal Mühendislięi
Başkent Üniversitesi
Ankara, Türkiye
elfevrn97@gmail.com

Onur KOÇAK
Biyomedikal Mühendislięi
Başkent Üniversitesi
Ankara, Türkiye
okocak@baskent.edu.tr

Özetçe—Bu çalışmada kan şekeri ölçümünün acısız, hijyenik ve daha pratik yapılabileceği girişimsel olmayan (noninvasive) bir yöntem olan kızılötesi ışına ile glikoz tayini araştırılmış ve bir deneş düzenegİ tasarlanarak bu metodun doğruluğunu destekleyen veriler elde edilmiştir. Bu çalışmanın bir diğer amacı, tasarlanan kızılötesi alıcı-verici düzeneginin farklı çözücülere ve farklı glikoz konsantrasyonlarına bağlı optik değişimleri performansını izlemektir. Her çözeltiliye ve çözeltili içerisindeki glikoz konsantrasyonuna bağlı olarak veriler elde edilmiş ve karşılaştırılmıştır. Tasarlanan düzenek, dış ortama karşı tamamen izole hale getirilmiştir. Böylece mikrodenteleyici kontrollü olarak tasarlanan 950 nm kızılötesi alıcı-vericiye sahip düzenegın farklı ışık kaynaklarından etkilenmesi engellenmiştir. Glikoz tayini için su, izopropil alkol ve gliserol çözücü olarak kullanılmıştır. Alıcıdan alınan veriler Arduino yazılım ile gerilim değerine (Volt) çevrilip anlamlı değerler oluşturulmuştur. Yapılan ölçümler sonucunda çözeltilinin konsantrasyonuna bağlı olarak alınan voltaj değerinin değiştigi gözlemlenmiştir. Çözeltilideki glikoz derişimi arttıkça voltaj değerinde azalma meydana gelmiştir.

Anahtar Kelimeler — Glikoz Ölçüm, Kızılötesi , girişimsel olmayan yöntem

Abstract—In this non-interventional study, infrared glucose measurement, a non-invasive method of blood glucose measurement that is painless, hygienic and more practical, was investigated and a data supporting the feasibility of this method was obtained using a low-cost assay. Another goal of this study is to demonstrate that the infrared transceiver array can measure optical changes due to different solvents and different glucose concentrations. The data are obtained and compared based on the concentration of glucose in each solution and solution.

The closed system we use for this study is completely isolated from the outside environment and the 950nm infrared receiver - transmitter installed with arduino is prevented from being influenced by different light sources. In our study, water, isopropyl alcohol and glycerol were used as solvent for glucose determination. Our receiver-transmitter is the most commonly used infrared transceiver in the 950-nm wavelength range. The data received from the receiver was converted to volt value with

Arduino software and significant values were created. As a result of the measurements, it was observed that the voltage value changed due to the concentration of the solution. As the glucose concentration in the solution increased, the voltage value decreased.

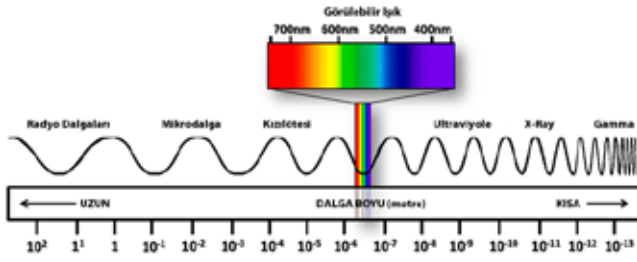
Keywords --- Glucose measurement, Infrared , Noninvasive Methods.

I. GİRİŞ

Karbonhidratlar, genel olarak $C_n(H_2O)_n$ formülü ile gösterilen organik bileşiklerdir. Bu bileşikler bitkilerde fotosentez yoluyla sentezlendiklerinden dolayı çoğunlukla bitkisel gıdalara özğü bileşenlerdir. Ancak hayvanlarda da bir çok hayati dokunun yapı maddesi olarak bulunabilirler. Glikoz , basit şeker (monosakkarit) olarak adlandırılan ve gıdalarda fazlaca bulunan en önemli karbonhidrat grubudur. Glikoz değerlerinin belirlenmesinin yine çok önemli olduğu diğer bir alan da sağlık sektörüdür. Kan glikozu düzeylerinin belirlenmesi için yapılan ölçümler diyabet ve hiperglisemisi olan hastaların tedavisinde önemlidir[1]. Diyabet melitüs (diabetes mellitus) günümüzde oldukça yaygın kalıtsal bir hastalık olup ; körlük, kalp krizi, böbrek yetmezliği, uzuvların kesilmesi (ampütaston) ve daha ileri aşamalarında ise ölümlere sebep olmaktadır. Hasta sayısının hızla artıyor olması, diyabet hastalığının kontrol edilmesi ve sürekli izlenmesini gerekli hale getirmektedir. Diyabet hastalığının takibi, hastalığın ilerlemesinin ve sağlık giderlerinin azaltılması açısından da son derece önemlidir [2]. Kan şekeri takibinde invaziv olmayan teknikler, invaziv olanların aksine yüksek hassasiyet ve daha iyi hasta uyumu nedeniyle önemli bir araştırma ilgisi elde etmiştir. Farklı yaklaşımlara dayanan tipik non-invaziv biyosensörler arasında, deriden glikozun iyontoforetik ekstraksiyonu, yüzey plasmon rezonansı, raman spektroskopisi, görünür veya yakın kızılötesi (NIR) spektroskopisi, polarimetri, foto-akustik problemler ve flüoresans yöntemleri yer alır. Bu yöntemler sürekli glukoz ölçümü için alternatif bir seçenek olabilir [3].Glikozun optik olarak algılanması, diyabetli kişiler için daha sık izleme ve daha



sıkı glikoz kontrolüne izin verir. Glikozun başarılı bir noninvaziv optik ölçümünün anahtarı, önemli bir glikoz içeren bir spektral bölgede çok yüksek bir sinyal-gürültü oranına sahip bir optik spektrumun toplanmasıdır. Optik sensörler, glikoz molekülleriyle ışığın farklı etkileşim özelliklerini konsantrasyona bağlı bir şekilde kullanır. Kızılötesi (IR) epidermisten ve deri pigmentasyonundan bağımsız olarak deri altından geçtiği optik bir pencere sağlar [3].



Şekil 1. Işık Spektrumu [5]

Bu çalışmanın amacı ilerleyen dönemlerde insanların invaziv olmayan bir şekilde kan şekeri ölçümlerini yapabilmeleri için glikozun kızılötesi ışık ile tayin edilebilirliğini ve buna bağlı olarak geliştirilebilirliğini ortaya koymaktır. Gelecek vadede bu deneysel çalışmada glikozun konsantrasyona bağlı tayini yapılmış ve sonuçlar kaydedilmiştir.

II. MATERYAL VE METOT

Girişimsel olmayan kan şekeri ölçümleri parmak probu aracılığıyla kişiden alındığında kızılötesi ışıkta parmağa yakın noktada meydana gelebilecek saçılmalar alıcıyı etkilememektedir çünkü bu durumda alıcı-verici konumlama bilgileri birbirlerini görmeyecek şekilde gerçekleşmektedir.



Şekil 2. Girişimsel Olmayan Glikoz İzleme Deney Düzenine Şematik Gösterimi

Yapılan deneysel çalışmada, 40 ml hacme sahip cam tüpler kullanılmıştır. Cam LED'lerden yayılan kızılötesi ışığın geldiği açıya bakmaksızın saçılma ve kırılma meydana getirir. Işık gücünü düşürmeden, saçılma ve kırılmayı en aza indirmek amacıyla ,deney düzeneği cam tüp ile alıcı ve verici arasındaki mesafe 0.3 cm olacak şekilde tasarlanmıştır. Aynı zamanda cam tüpte bulunan numune ile alıcı-vericinin ortam ışığından etkilenmemesi gerekmektedir. Bu nedenle deney düzeneği, dışardan sızabilecek her türlü ışığa karşı siyah folyo ile

kaplanmış kapalı bir karton kutuya yerleştirilmiştir. Deney düzeneğine ait görüntüler Şekil 3 ve Şekil 4'te gösterilmiştir.



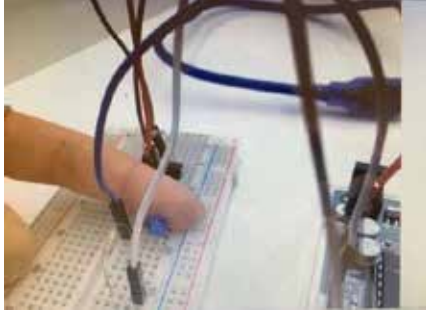
Şekil 3. Kapalı Deney Düzeneği



Şekil 4. Boş Tüp Başlangıç Deneyi

Deney düzeneğinde kızılötesi ışık yayıcı olarak 950 nm dalga boyuna sahip ,5 mm TSAL6200 mavi led kullanılmıştır [5]. Kızılötesi alıcısı olarak 950 nm dalga boyulu TCZT8012 kullanılmıştır [6]. Deney tüpü alıcı ve verici arasında yerleştirilmiştir. Işık yayılım açısı, LED'den çıkan ışığın %50'sinin bulunduğu açı olarak tarif edilir. Aydınlatılacak yerin özelliğine göre uygun açı seçilmelidir. Kızılötesi LED'lerin aydınlatma açısı daraldıkça aydınlatacağı düzlemsel mesafe artmaktadır. Bu sebepten dolayı elimizdeki 50 derece ve 34 derece açılı kızılötesi LED'ler deney düzeneğimize sırayla yerleştirilerek bu teoremin doğruluğu test edilmiştir. Bu testin sonucunda 34 derece açılı LED'in deneyimiz için daha uygun olduğuna karar verilmiştir.

Deney düzeneğinin elektronik tasarımı Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Deney düzeneğinin elektronik tasarımı

III. DENEYSEL ÇALIŞMA

Glikoz- çözücü çözeltisinin doygunluğuna bağlı olarak absorbe ettiği ışık şiddeti farklıdır. Bu ışık şiddeti analog değerdedir ve gerilim değerine (Volt) çevrilir. Bunun için Denklem 1 kullanılmaktadır. Bu denklemde yer alan V Voltaj değerini, a ise ölçülen analog değeri ifade eder.

$$V = \left(\frac{5 \times a}{1023.0} \right) \quad (1)$$

Yapılan deneysel çalışmada, deney tüpleri sırasıyla seyreltik, normal ve doygun olan su-glikoz, izopropil alkol-glikoz ve gliserol-glikoz çözeltileri ile doldurulmuştur. Kullandığımız glikozlar (dextrose monohydrate) saf ve toz halindedir. Ölçümler çözeltinin çökmesinden dolayı çözelti karışımının hazırlanmasından 5 sn sonra alınmıştır. Her bir ölçüm 3'er defa tekrarlanmıştır. Su, izopropil alkol ve gliserole farklı gramajlarda glikoz eklenmesiyle hazırlanan çözeltilerden elde edilen ortalama voltaj değerleri sırayla Tablo I, II ve III'te verilmiştir.

TABLO I. ÇÖZÜCÜ OLARAK SU KULLANILAN DENEY

ÇÖZÜCÜ (20ml)	GLİKOZ (gr)	Ortalama Voltaj Değeri (V)	Standart Sapma
Su (5.sn)	5 gr	3.09 V	±0.03
Su (5.sn)	10 gr	2.64 V	±0.07
Su (5.sn)	15 gr	0.40 V	±0.02

TABLO II. ÇÖZÜCÜ OLARAK GLİSEROL KULLANILAN DENEY

ÇÖZÜCÜ (20ml)	GLİKOZ (gr)	Ortalama Voltaj Değeri (V)	Standart Sapma
Gliserol (5.sn)	5 gr	4.43 V	± 0.01
Gliserol (5.sn)	10 gr	4.82 V	± 0.09

Gliserol (5.sn)	15 gr	0.01 V	± 0.01
-----------------	-------	--------	--------

TABLE III. ÇÖZÜCÜ OLARAK İZOPROPİL ALKOL KULLANILAN DENEY

ÇÖZÜCÜ (20ml)	GLİKOZ (gr)	Ortalama Voltaj Değeri (V)	Standart Sapma
İzopropil Alkol (5.sn)	1 gr	3.75 V	± 0.06
İzopropil Alkol (5.sn)	5 gr	1.91 V	± 0.04
İzopropil Alkol (5.sn)	10 gr	0.05 V	± 0.05

IV. SONUÇ VE YORUM

Tablo I, II ve III'e bakıldığında glikoz konsantrasyonunun artmasıyla soğurulan ışık şiddeti artmış, alıcıya ulaşan ışık şiddeti azalmıştır. Ortam yoğunluğunun glikozun tayinine etkisini gözlemlemek üzere 3 farklı tip çözücü kullanılmıştır. Glikoz su içerisinde tam doygun ve seyreltik olarak çözülmüştür dolayısıyla suyun çözücü olarak kullanıldığı deneyden yapılan ölçümlerden daha iyi sonuç sağlanmıştır. Glikozun 950 nm kızılötesi ışık ile algılanabildiği ve derişimdeki değişikliklerin ortaya konulabildiği kanıtlanmıştır. Elde edilen sonuçlar, kızılötesi ışık ile glikoz tayininin geliştirilebilir ve kullanılabilir bir metot olduğunu göstermiştir. Var olan benzer çalışmalarla kıyaslandığında benzer sonuçlar elde edildiği gözlemlenmiş ve bu çalışmalarla deneysel sonuçlarımızın doğruluğu desteklenmiştir[7,8]. Kıyaslanan bu çalışmalardan farklı olarak çalışmamızda Arduino mikrodenetleyici kullanılmıştır. Sonuçları baz alarak bir sonraki çalışmada bu yöntem ile insan kanında mevcut olan glikozun da tayin edilebileceği tespit edilmesi ve sonuçların monitörize edilmesi hedeflenmektedir. Gelecekte mevcut olacak birçok invaziv olmayan kan şekeri ölçüm yöntemleri olacaktır. Bu teknolojileri yakından takip etmek, insan ve insan sağlığı için araştırmalar yaparak gelişmek ve geliştirmek amaçlarımızdandır.

KAYNAKLAR

- [1] R.P. Ferraris, J. Diamond, "Regulation of intestinal sugar transport," *Physiol. Rev.*, vol. 77, pp. 257301, Jan. 1997.
- [2] C. Togay, S. Yılmaz, İ. Akkaya, A. Işıkhan, E. Z. Engin and M. Engin, "Determination of glucose concentration by pulsed laser based photoacoustic method," 2015 19th National Biomedical Engineering Meeting (BIYOMUT), Istanbul, 2015
- [3] Ferrari, M.; Quaresima, V. İnsan fonksiyonel yakın kızıl ötesi spektroskopisi (fNIRS) gelişimi ve uygulama alanları üzerine kısa bir gözden geçirme. *NeuroImage* 2012, 63, 921-935. [Google Akademik] [CrossRef] [PubMed]
- [4] İnternet: <http://www.yerbilimleri.com/wp-content/uploads/2011/12/Dalgaboyu.jpg>
- [5] TSAL6200 Datasheet, <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/252488/VISHAY/TSAL6200.html>, Son Erişim Tarihi : 10.09.2018
- [6] TCZT8012 Datasheet, <https://www.vishay.com/docs/81002/cqy37n.pdf>, Erişim Tarihi: 10.09.2018



- [7] Yadav, J., Rani, A., Singh, V., & Murari, B. M. (2014). Near-infrared LED based non-invasive blood glucose sensor. 2014 International Conference on Signal Processing and Integrated Networks (SPIN), 591–594. <https://doi.org/10.1109/SPIN.2014.6777023>
- [8] Narkhede, Parag & DHALWAR, SURAJ & Karthikeyan, B. (2016). NIR Based Non-Invasive Blood Glucose Measurement. Indian Journal of Science and Technology. 9. 10.17485/ijst/2016/v9i41/98996.