

MJERNA I REGULACIJSKA TEHNIKA



Uređuje: Nenad Bolf

Pri prijevozu kvarljivih proizvoda važno je evidentirati temperaturu, a ponekad i vlažnost, kojima su izložene tvari koje se prevoze. Najnovija generacija snimača temperature i vlažnosti kompaktni su i povoljne cijene, stoga ih je sve više uključeno u pošiljke. Razmotrit ćemo kako se mjeri temperatura i vlaga u logistici.

Nadzor temperature tijekom prijevoza, skladištenja i prerade

|| N. Bolf*

Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije
Sveučilišta u Zagrebu
Zavod za mjerenja i automatsko vođenje procesa
Savska cesta 16/5a
10 000 Zagreb

Važnost nadziranja temperature

Mnogi se proizvodi na sobnoj temperaturi brzo kvare, a ubrzano na povišenim temperaturama. Hrana, kao što su voće, meso i riba ne može se otpremiti na velike udaljenosti bez hlađenja. U nekim slučajevima hlađenje do 13 °C dovoljno je da proizvodi budu svježiji (npr. banane). Prijevoz jaja je primjer gdje je potrebna kontrola vlažnosti. Velik broj proizvoda mora biti zamrznut kako bi se spriječilo kvarenje. Isto vrijedi i za mnoge farmaceutske i medicinske proizvode. Procjenjuje se da je oko 10 % lijekova osjetljivo na temperaturu. Cjepivo i krvni pripravci zahtijevaju strogu kontrolu temperature, a ponekad se podvrgavaju sušenju smrzanjem procesom liofilizacije.

Potreba za regulacijom temperature postoji i za druge proizvode. Specijalne boje ili premazi degradiraju će se ako su izloženi niskim temperaturama. I druge kemikalije potrebno je održavati strogo unutar zadanih temperaturnih granica tijekom prijevoza. Vlaga može, također, dovesti do stvaranja plijesni na antikvitetima i umjetničkim djelima.

Hladni lanac

Popkvarljive proizvode potrebno je držati na kontroliranim temperaturama, od mjesta porijekla do isporuke u trgovinu ili ljekarnu. U logistici to se naziva "hladni lanac" (engl. *cold chain*), a vrijedi za hladnjače i skladišta, distribucijske centre i prodajna skladišta ili spremišta. U tom lancu rizik od propusta stalno je prisutan, što znači da uvijek postoji mogućnost da se prekorače dopuštene ili sigurne granice temperature, čak i nakratko. Na primjer, hladnjača kamiona može biti u kvaru tijekom transporta u toplom dijelu godine, a temperatura u kontejneru porasti. Nakon što se kvar

ukloni, temperatura se vraća na potrebnu nisku vrijednost, ali su kvaliteta i sigurnost proizvoda narušeni.

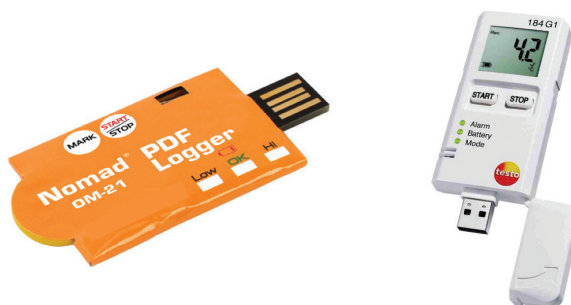
Trošak i odgovornost

Kada se roba izloži temperaturama izvan propisanih granica, može se oštetiti. U nekim slučajevima to je očigledno, ali u drugim situacijama, kao kod prijevoza cjepiva, ne mora biti očito da je došlo do degradacije, no cjepivo postaje neučinkovito. Kod nekih proizvoda prekoračenje temperature, čak i samo nakratko, može dramatično smanjiti rok valjanosti. Organizacije koje ugovaraju dostavu kvarljivih proizvoda obično definiraju dopušteno temperaturno područje. Međutim, čak i ako se može ustanoviti da je proizvod bio izložen uvjetima izvan ugovorenih, dokazivanje gdje se i kako to dogodilo, a time i odgovornost, može biti znatno teže. Rješenje je u vremenski kontinuiranom zapisu temperature.

Zapis temperature i vlažnosti

Termometar koji bilježi maksimalnu i minimalnu temperaturu izumljen je oko 1780. Dugo je bio jedini način indikacije najviše i najniže temperature izmjerene tijekom određenog razdoblja. Nedostaci takvog mjerenja bili su što se kao medij za mjerenje rabila živa, a nije se moglo zapisivati ni vrijeme. Takav termometar mogao se priključiti pošiljci, no nije bilo načina da se utvrdi kada se i koliko dugo roba koja se prevozi nalazila iznad gornje granice dopuštene temperature. Bez tih informacija teško je bilo utvrditi odgovornost za štetu nastalu tijekom prijevoza.

Isto vrijedi i za indikatore vlažnosti. Postoje različite vrste, a većina primjenjuje svojstvo nekih materijala da mijenjaju boju s temperaturom radi detekcije maksimalne ili trenutne vlažnosti ili mokrine. Kao i kod termometra koji mjere maksimalnu ili minimalnu temperaturu ne postoji vremenski zapis.



* Prof. dr. sc. Nenad Bolf
e-pošta: bolf@fkit.hr

Prijenosni elektronički uređaji za pohranu podataka

Napredak digitalne elektronike doveo je do prijenosnog snimača podataka (engl. *portable recorder*, *portable logger*). Napajani su baterijom i dovoljno mali da se smjeste u neposrednu blizinu kvarljive robe, gdje mjere i bilježe temperaturu ili vlažnost tijekom transporta. Mogu se podesiti tako da bilježe podatke željenom frekvencijom (npr. sekunda, minuta, sat). Jedino ograničenje je količina podataka, što uz kapacitete pohrane suvremenih uređaja više ne predstavlja problem.

Točnost mjerenja temperature obično je $\pm 0,5$ °C, a vlažnosti $\pm 3,0$ % rel. Nakon što primatelj preuzme pošiljku, snimač se priključi na računalo (obično putem USB-sučelja) te podatke prenese u jedan od tabličnih kalkulatora za analizu. Također je moguće postaviti alarme tako da se u slučaju prekoračenja maksimalne ili minimalne granice uključi svjetlosni LED-indikator, što čini poželjni problem odmah vidljivim.



Snimači usklađeni s zahtjevima EudraLex/FDA

Kako to propisuje CFR 21, FDA (engl. *Food & Drug Administration*) zahtijeva da se lijekovi čuvaju na odgovarajućim temperaturama. Za dokazivanje sukladnosti s tom normom mogu se upotrijebiti snimači podataka, a elektronički zapisi propisani su u 21 CFR Pt.11 (*EU, EudraLex Volume 4, Annex 11*). FDA također

očekuje da se tijekom procesa liofilizacije provodi nadzor temperature kad se primjenjuju na tvari biološkog podrijetla.

Zaključak

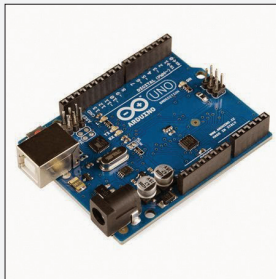
Širok raspon proizvoda, od cjepiva i kemikalija do prehrambenih proizvoda i umjetničkih djela, isporučuje se u kontroliranim uvjetima. Prijenosni uređaji za mjerenje temperature i vlažnosti omogućuju vremenski zapis uvjeta pri prijevozu i dio su dokazivanja u slučaju prijave problema ili štete. Na području farmaceutike inzistira se da se lijekovi čuvaju na propisanim temperaturama i da se liofilizacija provodi pod kontroliranim uvjetima. Zapisivanje temperature i vlažnosti pruža dokaz o usklađenosti, a ako su provedene na pravi način ispunit će zahtjeve agencija. Ta tehnologija tako omogućava znatno bolji nadzor cijelog opskrbenog lanca proizvoda koji su važni za ljudsko zdravlje i sigurnost.

Literatura

1. https://en.wikipedia.org/wiki/Six%27s_thermometer (5.6.2017.).
2. <http://www.omega.com/technical-learning> (5.6.2017.).
3. <http://www.spscientific.com/freeze-drying-lyophilization-basics/> (5.6.2017.).
4. <http://www.fda.gov/ICECI/Inspections/InspectionGuides/ucm074909.htm> (5.6.2017.).
5. <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?CFRPart=11> (5.6.2017.).
6. <http://www.fda.gov/RegulatoryInformation/Guidances/ucm125067.htm> (5.6.2017.).
7. <https://www.fda.gov/downloads/RegulatoryInformation/Guidances/ucm125125.pdf> (5.6.2017.).
8. <http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?fr=205.50> (5.6.2017.).
9. https://en.wikipedia.org/wiki/Cold_chain (5.6.2017.).
10. <https://people.hofstra.edu/geotrans/eng/ch5en/appl5en/ch5a5en.html> (5.6.2017.).

Arduino

Arduino je *open-source* platforma za kreiranje elektroničkih prototipova temeljena na sklopovlju i programskom paketu koji je fleksibilan i jednostavan za primjenu. Arduino je namijenjen inženjerima, automatičarima, elektroničarima, dizajnerima, hobistima. Posebno je koristan za učenike i studente koji na ovoj platformi stvaraju svoje prve programske aplikacije i manje projekte. Cijena osnovne platforme, elektroničkih komponenata i pribora iznimno je pristupačna.



Pločica Arduino

Platforma Arduino je skup elektroničkih i softverskih komponenti koje se mogu jednostavno povezivati u složenije cjeline s ciljem izrade korisnih i poučnih elektroničkih sklopova.

Srce Arduina jesu mikrokontroleri. Mikrokontroler je malo računalo sadržano na jednom integriranom sklopu. Arduino okružuje najčešće radi s 8 bitnim mikrokontrolerima. Najrasprostra-

njeniji model je ATMEGA328P ugrađen na osnovnoj prototipnoj pločici Arduino. Kako je Arduino platforma *open-source* tipa, dopušteno je dijeljenje i preuređivanje u svrhu kreiranja novih kompatibilnih platformi. Tako su s razvojem nastale još mnoge. U osnovi, sve kompatibilne pločice Arduino sastoje se od mikrokontrolera, integriranog sklopa za komunikaciju s računalom te perifernih elektroničkih dijelova za rad mikrokontrolera – stabilizatori napona, kvarcni oscilator za generiranje frekvencije takta i sl. Za pisanje programa za mikrokontrolere Arduino služi programsko okruženje koje se besplatno preuzima s: <http://arduino.cc/en/main/software>.

Poveznice:

- Što je Arduino?, <http://e-elektro.blogspot.com/2014/06/sto-je-arduino.html>.
- Instalacija Arduino softvera, <http://e-elektro.blogspot.com/2014/06/instalacija-arduino-softvera.html>.
- Instalacija Ardublock alata za grafičko programiranje, <http://e-elektro.blogspot.com/2014/06/instalacija-ardublock-alata-za-graficko.html>.
- <https://hr.wikipedia.org/wiki/Arduino>.