

## TOLERANCIJE U PROIZVODNJI HRANE

Dr. Ivan BALZER, Prehrambeno-tehnološki institut, Zagreb

### Sažetak

*Pravu vrijednost neke mjerne veličine vjerojatno nećemo nikada saznati, ali se pod pretpostavkom egzaktnog i metodološki ispravnog mjerenja traženoj »pravoj« vrijednosti možemo više ili manje približiti. Zato egzaktna informacija o nekoj mjerenoj veličini, rezultatu, mora osim srednje vrijednosti sadržavati i granične veličine unutar kojih se ta vrijednost nalazi (tolerancije). Veličina tolerancije rezultira iz:*

1. Pogrešaka u uzimanju i pripremi uzoraka za analitičko određivanje
2. Pogrešaka uzrokovanih nepouzdanošću rada postrojenja (proizvodnja i transport)
3. Pogrešaka nastalih promjenama, nekonstantnošću fizikalno-kemijskih svojstava sirovina, mikro- i makro-komponentata
4. Pogrešaka nastalih u analitičkom mjerenju u laboratoriju.

*Tolerancije, zavisne o nizu faktora, obavezne su za mnoge proizvode pa ih treba primijeniti i u proizvodnji i prometu hrane. Za pogreške koje se javljaju u rezultatima mjerenja vrijedi slijedeće:*

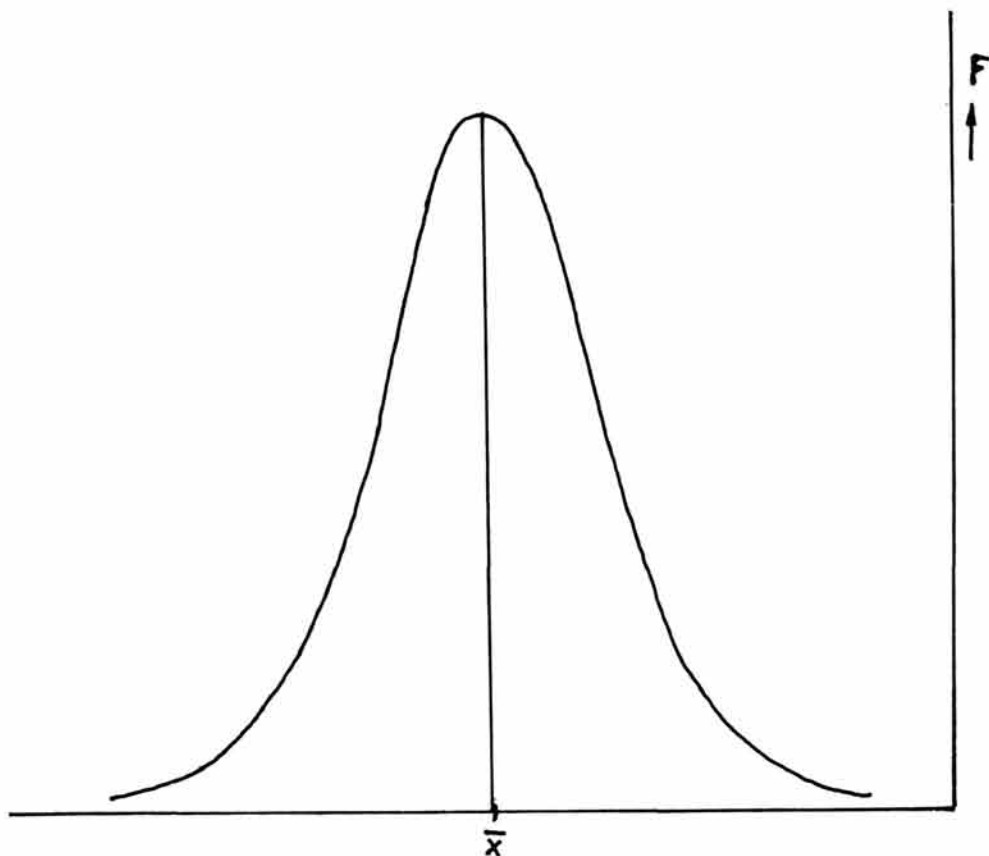
- *Maksimalna pogreška zbroja ili razlike više mjernih veličina jednaka je sumi maksimalnih pogrešaka pojedinih veličina,*
- *Maksimalna relativna pogreška zbroja ili razlike više veličina jednaka je sumi maksimalnih relativnih pogrešaka pojedinih veličina.*

**Pravu vrijednost neke mjerne veličine vjerojatno nećemo nikada saznati, ali se pod pretpostavkom egzaktnog i metodološki ispravnog mjerenja traženoj »pravoj« vrijednosti možemo više ili manje približiti. Zato egzaktna informacija o nekoj mjerenoj veličini, rezultatu, mora osim srednje vrijednosti sadržavati i granične veličine (tolerancije) unutar kojih se ta vrijednost mora nalaziti. Tolerancija je zavisna o nizu faktora obavezna je za mnoge proizvode, pa je treba primijeniti i za hranu.**

Da bi neki proizvođač mogao ući u proizvodnju nekog točno definiranog produkta, on mora imati na raspolaganju sirovinu određenih fizikalno-kemijskih osobina i odgovarajuće postrojenje u kojem će se taj proizvod moći proizvesti. Iako će proizvod biti načinjen najsavjesnijim zalaganjem svih faktora u proizvodnom procesu, proizvođač će morati na svoju veliku žalost konstatirati da se njegov proizvod ne razlikuje samo po pojedinim šaržama, nego i unutar jedne te iste šarže. Kakve će god mjere predostrožnosti poduzeti, naći će uvijek jedno te isto, razlike gotovog produkta.

U bilo kakvom fizikalnom ili kemijskom mjerenju na većem broju uzoraka istoga skupa konstatiramo uvijek da rezultati pojedinih mjerenja manje ili više odstupaju od neke prosječne vrijednosti. Ta su odstupanja, rasipanja »normalna« i karakteristična za neki skup mjerenja i mogu se izraziti matematičkim izrazom, Gaussovom relacijom. Za ta odstupanja karakteristično je slijedeće: velika su odstupanja od neke srednje vrijednosti rijetka, najčešći broj mjerenja gomila se oko srednje vrijednosti. (Slika 1.)

Normalna rasipanja rezultata oko neke srednje vrijednosti zovemo često i pogreškama, pa se na taj način stiče utisak da je onaj koji je vršio mjerenje činio pogreške, iako je taj zadatak najsavjesnije proveden.



**Sl. 1. Krivulja većeg broja mjerenja, kod koje se najčešći broj mjerenja gomila oko srednje vrijednosti**

U bilo kakvim provedenim mjerenjima dobivena odstupanja su dvojaka:

1. određena
2. slučajna

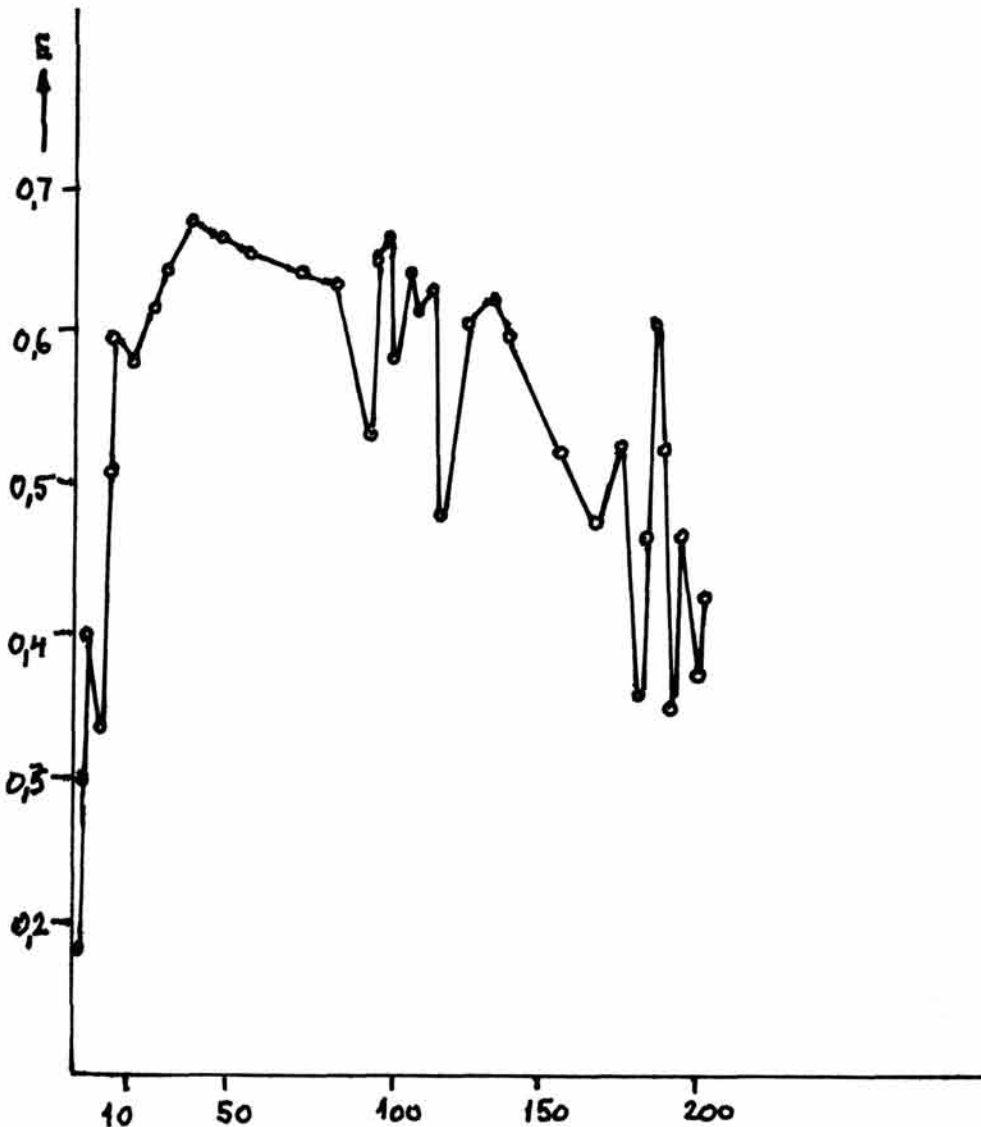
Pod određenim odstupanjima (pogreškama) podrazumijevaju se ona za koja se zna da postoje i na koja se može dovoljnim poznavanjem problematike utjecati, iako ne posve eliminirati. Ta su odstupanja (pogreške) povezana nedovoljnom preciznošću instrumentarija, strojeva, aparatura i dr. Na slučajna odstupanja (neodređene pogreške) ne može se utjecati. Ona se javljaju u radu kao lične i metode (najozbiljnije) pogreške. Poznavajući veličinu svih tih odstupanja određujemo na osnovu niza mjerenja tolerancije, dozvoljeno odstupanje od neke zadane ili deklarirane vrijednosti. Prekoračenje veličina danih tolerancijama ukazuje na produkt koji kvalitetom ne zadovoljava.

Veličina tolerancije u proizvodnji hrane rezultira iz:

- A. »Pogrešaka« u uzimanje i pripravi uzorka za analitičko određivanje
- B. »Pogrešaka« uzrokovanih nepouzdanošću rada postrojenja (proizvodnja i transport)
- C. »Pogrešaka« nastalih promjenama, nekonstantnošću fizikalno-kemijskih svojstava sirovina makro- i mikro-komponentata

D. »Pogrešaka« nastalih u analitičkom mjerenju u laboratoriju.

Najsavjesniji i najpažljiviji trud uložen u neko mjerenje bit će male vrijednosti ako uzeti uzorak ne prikazuje prosjek one mase iz koje je uzet. A upravo iz uzetog uzorka izlazi i najveća pogreška, odstupanje od »prave« vrijednosti. Kolikogod nastojali da uzorkovanjem dobijemo »pravi reprezentativni uzorak« teško da ćemo u tome uspjeti. Veličina odstupanja uzetog uzorka od »pravog« zavisi o vrsti materijala, njegovoj usitnjenosti, homogenosti, a posebno o savjesnosti i poznavanju metoda uzorkovanja. Pravom reprezentativnom uzorku možemo se samo približiti, ali ga praktički nikada nećemo moći uzeti.



Sl. 2. Krivulja koja pokazuje sadržaj mangana u krmnoj smjesi većeg broja uzoraka

### Pogreške (odstupanja) analitičkih rezultata

Da se određene pogreške u analitičkom radu mogu izbjeći pod određenim uslovima, prikazat ćemo na jednom primjeru. Određivanje je vlage, iako ne uvijek, jedno od najjednostavnijih analitičkih operacija. Ono je sigurno jedno od najčešćih. Razmotrit ćemo pogreške koje nastaju određivanjem vlage sušenjem. Sastoji se od mjerenja vaganjem: mase prazne posude (tare) ( $T_1$ ), mase posude s uzorkom U ( $T_2$ ) i težine posude sa osušenom masom uzorka S ( $T_3$ ). Analitičar zna da je analitička vaga, iako vrlo precizan instrument, ograničene osjetljivosti i točnosti, pa vaganjem nastaju određene pogreške. Već prema osjetljivosti vage, ali najčešće, činimo pogrešku koja iznosi 0,3 mg. Masa odvagano uzorka (U) dobije se iz razlike masa  $T_2$  i  $T_3$ , a masa osušene tvari (S) razlikom  $T_3$  i  $T_1$ . Kod vaganjem određenih masa treba uzeti u račun i pogreške koje nastaju nepreciznošću vage pa ih označujemo s  $\Delta t$ . Prema tome, masa odvagano uzorka iznosi:

$$U = T_2 - T_1 + 2 \Delta t \quad (1)$$

a masa suhe tvari

$$S = T_3 - T_1 + 2 \Delta t \quad (2)$$

Masa vode u analiziranom uzorku dobije se iz razlike relacija 1 i 2, odnosno:

$$V = U - S = T_2 - T_1 - (T_3 - T_1) + 4 \Delta t$$

a od tuda

$$V = T_2 - T_3 + 4 \Delta t \quad (3)$$

Ako osjetljivost vage iznosi 0,3 mg, tada je u ovoj operaciji, određivanje vlage, načinjena pogreška od  $4 \times 0,3$  mg ili sveukupno 1,2 mg. Relativna pogreška u procentima iznosi:

$$\frac{4 \Delta t}{U} \times 100 = \frac{120}{U} \% \quad (4)$$

i zavisi o greški vage i o masi uzorka. Iz relacije (4) vidi se da će relativna pogreška biti to manja što je veća odvaga uzorka U. Na donjoj ćemo tabeli prikazati pogreške koje nastaju iz različitih odvaga našeg uzorka:

Odvaga	Pogreška rezultata
20 mg	6,00%
200 mg	0,60%
1000 mg	0,12%

Kako god mi savjesno i precizno provodili bilo koju kemijsku operaciju, pogreške u rezultatima ne možemo izbjeći, pa je ona, prema tome, nužan i sastavni dio analitičkog rezultata i treba je na bilo koji način izraziti. Na taj se način preciznost analitičkog rezultata povećava, indirektno se ukazuje na poznavanje veličine pogreške i ukazuje na znanstvenin pristup problematici. Te »pogreške«, nazovimo ih i tolerancije, moramo uvesti u analitičke rezultate. Oni će na taj način dobiti na vrijednosti, a izbjeći će se niz problema koji se javljaju u prometu i proizvodnji roba. Taj način izražavanja analitičkih rezul-

tata ne kolidira sa do sada uobičajenim načinom izražavanja »minimalna kvaliteta«. Može se na taj način samo bolje definirati.

Za izvode koji su navedeni u relacijama 1, 2, 3 i 4 vrijedi slijedeće:

1. Maksimalna pogreška zbroja ili razlike više mjernih veličina jednaka je sumi maksimalnih pogrešaka pojedinih veličina.

2. Maksimalna relativna pogreška zbroja ili razlika više mjernih veličina jednaka je sumi maksimalnih relativnih pogrešaka pojedinih veličina.

Na određene pogreške, kako je to prikazano u navedenom primjeru, netočnost analitičke vage, može se u izvjesnoj mjeri utjecati. Pogreška bi se mogla umanjiti korištenjem analitičke vage veće osjetljivosti. Na neke pogreške koje se javljaju u proizvodnji mogli bi utjecati mijenjanjem tehnološkog procesa i mijenjanjem kvalitete ulaznih sirovina. Da bi odredili veličinu odstupanja koja se javlja samo u analitičkim radovima na identičnom uzorku, koristimo se anketnim analizama. Na osnovu rezultata dobivenih anketnim analizama određujemo veličinu odstupanja od neke prave vrijednosti, a potom i tolerancije. Ove zadnje trebaju nositi sve one pogreške koje rezultiraju u analitičkom radu i pogreške koje nastaju u tehnološkom procesu uključujući i pogreške uzorkovanja. Na osnovu anketnih analiza, a služeći se najjednostavnijim statističkim relacijama dolazimo do granica pouzdanosti rezultata, a to su veličine unutar kojih se nalazi 90, 95 ili čak 99% svih rezultata. Statistička obrada mora nositi sve potrebne elemente za određivanje veličina tolerancija.

Postoji jedno vrlo suštinsko pitanje, a to je, da li tolerancije nekog deklariranog proizvoda trebaju uključiti sve pogreške, od proizvodnje do analize. Bilo bi vrlo korisno kada bi se ta dva izvora pogrešaka mogla međusobno diferencirati, no to nije tako jednostavno, pa će predložene tolerancije obuhvatiti i jedne i druge.

Rad analitičara u laboratoriju je vrlo delikatan i on se nalazi često pred velikim i odgovornim dilemama, jer ukoliko dođe do bilo kakvih reklamacija ili spora, kontrolni, analitički laboratorij, snosi najveći dio odgovornosti. Analitičar daje potpis na analitički nalaz i time preuzima praktički svu odgovornost i sve posljedice koje nastaju u slučaju neslaganja rezultata s nekim drugim laboratorijem. Težinu analitičkog zadatka mogu razumjeti samo oni koji rade na analitičkim poslovima, jer sve one druge interesira samo »prava vrijednost«, »pravi rezultati«. Analitičar provjerava preciznost (točnost) svoga rada vršenjem paralelnih mjerenja (repetabilnost), pa je dobivena disperzija rezultata jedna od mjera pogrešaka. Ne samo u kemijskim mjerenjima, koja su relativno vrlo dugotrajna, nego i u najjednostavnijim fizikalnim mjerenjima ne mogu se ni uz najveću moguću pažnju dobiti uvijek identični rezultati. To isto vrijedi i za takvu proizvodnju od koje se traži najveća preciznost proizvoda. U proizvodnji metaka, npr. definirane su tolerancije ne samo u težinama, nego i u dimenzijama proizvoda. To znaju vrhunski sportski natjecatelji, pa inzistiraju na tome da im se isporuču njihov natjecateljski materijal samo jedne proizvodne serije, dobiven u toku jednog jedinog dana, jer je vjerojatnost da će identičnost u svim karakteristikama biti tada najveća, a odstupanja najmanja.

Upravo nas i to navodi, a radi preciznosti analitičkog rezultata, do granica odstupanja od »prave« vrijednosti, do tolerancija. Analitičar je svjestan toga da njegova »srednja« vrijednost rezultata nosi u sebi pogrešku.

Za njega bi bilo najsretnije rješenje kada bi osim srednje vrijednosti rezultata mogao dati rezultate i drugih mjerenja i da ukaže na njihovu disperziju, na koju on i uz najveću savjesnost nije mogao utjecati. Na taj bi se način dobilo na preciznosti mjernog rezultata a izbjegli bi se mnogi nepotrebnih problemi koji izlaze iz nedovoljno definiranih analitičkih rezultata. Tolerancije će u mnogočemu olakšati rad onih stručnjaka koji rade na kontroli kvalitete (inspekcije), a analitičar će pak mirnije savjesti dati onaj svoj »pravi« rezultat jer zna da mu tolerancije upravo pokrivaju onu njegovu disperziju rezultata koje ne može izbjeći.

### **Pogreške (odstupanja) zbog neadekvatnog rada postrojenja (proizvodnja, transport) i uzorkovanja**

Radi pravilne ishrane i ljudi i životinja nužno je da svaki hranidbeni proizvod u potpunosti odgovara deklariranim vrijednostima, a posebno se to odnosi na sastav i sadržaj mikrokomponentata. Njihovo pomanjkanje ili nedovoljna izbalansiranost može izazvati ozbiljne smetnje u zdravstvenom stanju. Istraživanja su pokazala da do dehomogenizacije dolazi već i u toku same proizvodnje, a posebno npr. u proizvodnji stočne hrane za vrijeme punjenja silosa. Proizvedena stočna hrana skladištena se u silosu visine 10 m. U toku punjenja pojedine komponente, zbog različite specifične težine i veličine odvajale su se međusobno. Kao indikator za homogenost smjese poslužilo je fino usitnjeni manganov dioksid dodan u omjeru 1:1000 u 10 tona krmne smjese. Uzorci za analizu uzimani su u toku uvrećavanja, do 20 vreća iz svake druge vreće, od 20 do 180 vreća iz svake desete vreće, te od 180 do 200 vreća ponovno iz svake druge vreće. Sadržaj mangana u krmnoj smjesi u uzetim uzorcima prikazan je na slici 2. Na slici se vidi da se najniže koncentracije mangana nalaze na početku i završetku uvrećavanja, tako da je koncentracija u četrdesetoj vreći za cca četiri puta veća od koncentracije u prvoj vreći i za cca dva puta veća od koncentracije mangana u najvećem broju vreća iza 180 vreće. Nehomogenost smjese na sadržaj mangana je tako velika da tehnologiju uskladištavanja stočne hrane, kako je to u konkretnom slučaju učinjeno, treba mijenjati.

Dehomogenizacija će biti u pravilu manja kod fino usitnjenih jednako-mjernih čestica, nego kod čestica različitih dimenzija i različitih specifičnih težina. Istraživanja o homogenosti provedena manganovim dioksidom ne mogu biti model za neki drugi sastojak. Do dehomogenizacije hrane, krute ili tekuće, dolazi i u toku transporta, pa tome valja posvetiti posebnu pažnju.

### **Veličina uzorka za analizu**

Svaki proizvođač i potrošač hrane mora postaviti pitanje koliko velika treba biti odvaga uzorka za analizu da procentualno odstupanje (pogreška) ne pređe neku određenu veličinu. Procentualni sadržaj (P) neke komponente (M) dan je izrazom:

$$P = \frac{100 \times M}{S} \quad (10)$$

M = mjerna komponenta  
S = težina uzorka

Apsolutna prosječna odstupanja kod P, M i S mogu se označiti sa p, m i s, a relativna odstupanja sa p<sub>r</sub>, m<sub>r</sub> i s<sub>r</sub>.

Relativno prosječno odstupanje (pogreška) p<sub>r</sub> jednaka je sumi relativnih prosječnih pogrešaka mjernih veličina iz kojih se P izvodi. Pretpostavimo da relativna pogreška (m<sub>r</sub>) mjerene veličine M zavisi samo o jednoj njezinoj mjernoj vrijednosti i pogreški kod mjerenja te vrijednosti (m). Taj je odnos dan relacijom:

$$\frac{m}{S} \times 100 = m_r \% \quad (11)$$

Iz ove relacije se vidi da će % pogreške (m<sub>r</sub>) biti to manji što će odvaga S biti veća, odnosno što će odstupanje (pogreška) kod mjerenja (m) biti manja. Iz ove se relacije može, poznavajući mjernu pogrešku (m) i dozvoljivo relativno odstupanje m<sub>r</sub> odrediti potrebna odvaga uzorka S.

Iz relacije (11) slijedi:

$$M = \frac{m \times 100}{m_r} \quad (12)$$

i unošenjem u relaciju (10) dobiva se tražena odvaga uzorka S

$$S = \frac{100 \times m \times 100}{P \times m_r} \quad (13)$$

Iz relacije (13) vidi se da će odvaga (S) morati biti to veća što je procentni sadržaj (P) komponente M i dozvoljivo relativno odstupanje (pogreška) (m<sub>r</sub>) manja.

Kod procjene sastava jedne ili više komponenata neke hrane, na osnovu jedne ili više analitičkih određivanja, poželjno je da se osim srednje vrijednosti odredi također i to kolika je ta dobivena srednja vrijednost pouzdana. Jedan od uobičajenih načina procjene preciznosti jest taj da se odrede granice unutar kojih se sa izvjesnom vjerojatnošću nalazi prava vrijednost. Na osnovu toga se može zaključiti da je prava vrijednost manja od gornje i veća od donje granice. Ta je informacija posebno značajna i za proizvođača i za potrošača. Te granice unutar kojih se nalazi srednja vrijednost poznate su kao »granice pouzdanosti«. Stupanj pouzdanosti može biti vrlo visok, recimo 99%, ili dosta skroman, 80% ili 90%. Ako je poznat oblik distribucije i ako je poznata standardna devijacija, te srednja vrijednost nekog mjernog određivanja, tada se prava vrijednost nalazi unutar točno određenih granica koje su dane izrazom:

$$x = \bar{x} \pm \frac{t \cdot s}{\sqrt{n}} \quad (14)$$

x = prava vrijednost  
 $\bar{x}$  = srednja vrijednost  
 t = konstanta vjerojatnosti  
 s = standardna pogreška

ili drugim riječima, prava je vrijednost veća ili manja od procijenjene srednje vrijednosti  $\bar{x}$  za  $\pm \frac{t \cdot s}{\sqrt{n}}$

Jugoslavenski su standardi za određivanje kvalitete hrane relativno stari i imaju niz manjkavosti. Ta se manjkavost posebno odnosi na tolerancije kvalitete. Na osnovu razmatranja koja su naprijed iznijeta o odstupanju odnosno o pogreškama, očito je da se standardi za stočnu pa i ljudsku hranu moraju nadopuniti tolerancijama, jer će se na taj način precizirati sam standard. Ukoliko se u nove standarde za hranu ne bi uvele tolerancije to bi značilo nepoznavanje tehnologije proizvodnje, pa bi novi standardi bili, nažalost, već u novoj redakciji manjkavi i nestručni.

### Zaključak

Bilo kakve će mjere i trud uložiti proizvođač hrane u kvalitetu svoga proizvoda, on mora biti svjestan da će dobiti produkt u kojemu analitičke vrijednosti pojedinih komponenata manje ili više odstupaju od deklariranih Odstupanja »pogreške« procijenjenih vrijednosti od deklariranih nastaju kod: 1. uzimanja i pripreme uzorka za analizu; 2. zbog nepouzdanosti rada postrojenja; 3. radi nekonstantnosti fizikalno-kemijskih svojstava sirovina, i 4. analitičkim određivanjem u laboratoriju.

Ta se odstupanja »pogreške« ne mogu izbjeći, pa radi toga u nove jugoslavenske standarde treba unijeti tolerancije, dozvoljiva odstupanja od deklariranih vrijednosti. Neprihvaćanje tolerancije značilo bi grubo nepoznavanje tehnologije proizvodnje i prakse. No treba podvući da u interesu i proizvođača i potrošača predložene tolerancije trebaju biti što uže. Radi toga se proizvođač upućuje na pooštrenu kontrolu svojih sirovina i proizvoda, te na poboljšanje tehnologije proizvodnje, a naučne institucije na razradu i adekvatnu primjenu odgovarajućih kontrolnih metoda, naročito uz suradnju stručnih institucija i pogonskih, proizvođačkih laboratorija u anketnim istraživačkim radovima.

### ABSTRACT

#### *Tolerances in Food production*

*Correct experimental value of some measured parameters, it is very probable, we will never know. but in the case of methodologically exact measuring, we can near to it more or less. Because of it s precise information of a measured result must have not only the average value (mean) but the marginal values too, between which the mean is located (tolerances). The heights of tolerances resulting:*

- 1. errors in sampling and processing the samples for analytical measurement,*
- 2. errors in unreliable processing and transport of wares,*
- 3. errors in not constant characteristics of raw materials, micro and macro constituents,*
- 4. errors deriving from analytical measurements.*

*Tolerances depend on many factors and are used for many products, and so they must be used too in the production and trafic of foods.*

*For errors which are found in the measured values states:*

- maximal errors of sums of differences of measured values equals to the sum of maximal errors of partial values,*
- maximal relative errors of sums or differences of measured values equals to the sum of maximal relative errors of partial values.*