

## I Funkcionalna analiza: metode i tehnike

### Svojstva keramike i formalne osobine posuda

Da bi se razumele funkcije keramičkih posuda, pre svih analiza potrebno je posebno razmotriti različite osobine keramike i način na koji grnčari mogu uticati, u toku tehnološkog procesa izrade, na pogodnost određene posude za njenu namerenu funkciju.

Svaki tehnološki proces uključuje niz aktivnosti: nabavku sirovine, njenu pripremu i obradu, dodavanje primesa, oblikovanje, sušenje, pečenje, obradu površina i dekoraciju. Da bi posuda koju izrađuje mogla adekvatno da odgovori na postavljene zahteve, majstor mora da se opredeli za jednu od mnogih mogućnosti u svakom od segmenata tehnološkog procesa. Tehnološki izbor (*technological choice*) ogleda se, na primer, u izboru određene vrste sirovine ili primesa; dodavanjem manjih ili većih količina primesa; primeni određene vrste premaza itd. U periodima tehnološke stabilnosti, majstori potpuno nesvesno izrađuju artefakte jednostavno sledeći tradiciju. Kada se, međutim, potrebe promene, nužni su periodi eksperimentisanja, kada majstori postaju svesni posledica svojih aktivnosti (Schiffer, M. B, Skibo, J. M. 1987:599).

U zavisnosti od tehnoloških izbora menjaće se formalne osobine (*formal properties*) artefakata; one će, sa svoje strane, uticati na karakteristike ponašanja (*performance characteristics*). Karakteristike ponašanja definišu se kao sposobnost artefakata da ispuni svoju funkciju u određenoj aktivnosti (Hally, D. J. 1986). Na primer, osobine koje se očekuju od posude koja služi za kuvanje na otvorenoj vatri uključuju sposobnost zagrevanja (*heating effectiveness*), otpornost na mehaničke

pritiske i otpornost na termički šok (Braun, D. P. 1983). Svaka promena u tehnološkim izborima uvek će uticati na više formalnih osobina i osobina ponašanja; neke osobine biće poboljšane, dok će istovremeno neke druge biti pogoršane. Tako će, na primer, dodavanje velikih količina mineralnih primesa u osnovnu sirovinu poboljšati otpornost na termički šok i poboljšati sposobnost zagrevanja, dok će smanjiti otpornost na mehaničke pritiske (Skibo, J. M., Schiffer, M. B., Reid, K. C. 1989); na sposobnost zagrevanja posude za kuvanje uticaće debljina zida, kao i poroznost, koju grnčar može da kontroliše dodavanjem različitih vrsta i količina primesa u osnovnu sirovinu itd.

Zbog kompleksnih međusobnih uticaja između tehnoloških izbora sa jedne, i različitih osobina posuda, sa druge strane, teško je izraditi posudu koja će pozitivno odgovoriti na sve zahteve. Na primer, ukoliko je želja grnčara da poveća sposobnost zagrevanja, on će stanjiti zidove posude; to će, sa druge strane, uticati na veoma lošu otpornost na mehaničke pritiske; nasuprot tome, otpornost na mehaničke pritiske povećaće se sa povećanjem debljine zida, ali će se u tom slučaju smanjiti sposobnost zagrevanja (Schiffer, M. B, Skibo, J. M. 1987:599). Zato se u svakom tehnološkom procesu moraju postići kompromisi i postaviti prioriteta. Suština arheoloških analiza fizičkih i mehaničkih svojstava keramike upravo leži u identifikovanju i objašnjenju ovih prioriteta.

Problematikom promena na keramičkom materijalu u svetlu promena potreba, pa samim tim i tehnoloških izbora najviše su se bavili američki arheolozi. Jedna od prvih studija tiče se keramike Vudland perioda (Woodland) u Ilinoisu i Misuriju. Naime, D. Braun je uočio promenu u debljini zidova i fakturi, koja se manifestovala smanjenjem količine kvarcnog peska; ovu promenu je objasnio promenama u režimu ishrane. Naime, u kasnijem periodu posude su očigledno bile izložene većim

toplotnim pritiscima, što je bila posledica promene ishrane i potrebe da se termički obrade teško svarljive namirnice, tj. razne vrste grahorica (Braun, D. P. 1983). Analizom fature najranije keramike u SAD, Šifer i Skibo (Schiffer, M. B, Skibo, J. M. 1987) pokazali su da su u ranom Vudland periodu (Early Woodland), u kome dominira keramika sa organskim primesama, najvažnije osobine lakoća posuda i njihova prenosivost; u kasnijoj fazi (Late Archaic), primarne osobine postaju otpornost na termički šok, mehaničke pritiske i abraziju i sposobnost zagrevanja, koje se ogledaju u promeni fature u koju se dodaju mineralne primese.

### **Fizičke, mehaničke i termičke osobine keramike**

U najranijim arheološkim analizama keramike, fizičke, mehaničke i termičke osobine keramike prepoznate su kao važni atributi prilikom opisa arheološkog materijala. Iako ove osobine u velikoj meri mogu uticati na funkcionalnost posuda, neki autori proporučuju obazrivost u interpretaciji. Pored mogućnosti da majstori nisu uvek bili svesni posledica svojih aktivnosti u tehnološkom procesu izrade, ove osobine donekle mogu biti izmenjene u zavisnosti od mnogih faktora: dužine i konteksta primarne i sekundarne upotrebe, ali i uslova u kojima je keramika boravila posle deponovanja (Rice, P. 1987: 347).

### **FIZIČKE OSOBINE KERAMIKE**

#### *Plastičnost*

Plastičnost se definiše kao sposobnost da se od gline pomešane sa vodom napravi testo koje pritiskanjem dobija željeni oblik, a po prestanku pritiska taj oblik i zadržava (Shepard, A. O. 1971: 14). Kod neplastičnih sirovina, prisutan je veliki

procenat kalcita, koji smanjuje plastičnost. Sa druge strane, u sirovinu koja je previše plastična, potrebno je dodati opošćivače (kvarcni pesak, mleveni karbonati i sl).

### *Mikrostruktura*

Mikrostrukturu keramike određuje njen fazni sastav, tj. međusobni odnosi (morfologija, granulacija i distribucija) staklaste, ne-staklaste faze i makro- i mikro-pora (Bronitsky, G. 1986: 223). Odnosi između pojedinih faza menjaju se u zavisnosti od fizičkih i hemijskih procesa do kojih dolazi za vreme zagrevanja i hlađenja. Staklasta faza je veoma važna u rekonstrukciji temperature pečenja. Različiti minerali sinteruju na različitim temperaturama, pa se na osnovu prisustva staklaste faze lako može pretpostaviti temperatura pečenja. Osobine mikrostrukture utiču na druge fizičke i mehaničke osobine keramike, kao što su poroznost, tvrdoća i čvrstoća (Rice, P. 1987: 349-350).

### *Poroznost*

Pore su definisane kao prazni prostori između čvrstih čestica. U analizama poroznosti razlikuju se: ukupna poroznost, koja se izražava odnosom zapremine pora u odnosu na ceo primerak keramike i prividna poroznost, koja prikazuje zapreminu pojedinačnih otvorenih pora (Shepard, A. O. 1971:125-126). U analizi ručno rađene, praistorijske keramike, ova druga osobina je mnogo važnija. Meri se stepenom upijanja vode. U prvim fazama pečenja glina zahvaljujući oksidaciji ugljenika postaje poroznija; kada počne sinterovanje, zidovi počinju da se skupljaju, međuprostori se pune tečnošću i poroznost se smanjuje. Poroznost dostiže vrhunac na temperaturama

oko 800°C<sup>4</sup>. Poroznost zavisi od temperature pečenja, ali i od vrste sirovine i dodatih primesa.

Zapremina, oblik i veličina pora utiču na ostale osobine keramike: gustinu, čvrstinu, ali i na karakteristike ponašanja: otpornost na termičke pritiske i abraziju i propustljivost. Pritisci izazvani naglim promenama temperature smanjeni su u materijalima u kojima su prisutni "vazdušni džepovi"; tako visoka poroznost utiče na povećanje otpornosti na termički šok, jer čestice u poroznoj strukturi imaju veću slobodu kretanja, nego što je to slučaj kod materijala velike gustine. Visokoporozne posude, međutim, nisu pogodne za funkcije kuvanja, jer omogućavaju brzo isparavanje tečnosti. Uloga premaza je ovom slučaju ključna, jer on smanjuje propustljivost, a pri tome se osnovne osobine ne menjaju, pa je posuda i dalje otporna na termičke pritiske.

U zavisnosti od načina upotrebe, velika poroznost može biti prednost, ali i mana. Na primer, velika poroznost i propustljivost nisu pogodne za dugotrajno skladištenje, posebno kada je u pitanju tečnost. Sa druge strane, one mogu biti prednost kod posuda za kratkotrajno skladištenje vode, jer isparavanje preko spoljnih površina utiče na hlađenje vode, pa ona duže zadržava svežinu (Rice, P. 1987: 231). Posle izvesnog vremena, međutim, minerali sadržani u vodi talože se u porama i zatvaraju ih, pa posuda gubi sposobnosti hlađenja.

---

<sup>4</sup> treba imati u vidu da je ovo temperatura na kojoj je pečena praistorijska, pre svega neolitska keramika.

### *Tvrdoća i čvrstina (hardness and strength)*

Oba termina odnose se na otpornost materijala na mehaničke pritiske. Razlikuju se po tome što se tvrdoća odnosi na ponašanje površine posuda, dok se čvrstina odnosi na posudu u celini (Rice, P. 1987: 354).

Tvrdoća zavisi od temperature pečenja (tvrdoća je veća što posuda pečena na višim temperaturama); uslova pečenja (pečenje u redukcionoj atmosferi povećava tvrdoću); primesa dodatih u osnovnu sirovinu (neki minerali, gvožđe i alkalni metali, sinteruju na nižim temperaturama); mikrostrukture i poroznosti (materijali sitne granulacije i visoke poroznosti imaju veću otpornost na mehaničke pritiske); tretmana površine (glačanjem će se čestice na površini sjediniti i time će se povećati otpornost na abraziju; sličan efekat ima i premaz, koji ima veću tvrdoću i elastičnost od osnovne sirovine). U analizi tvrdoće i čvrstine mora se napraviti razlika između osobina osnovne sirovine i osobina posude, gde se moraju uzeti u obzir i dodatni faktori: oblik posuda, debljina zidova i tehnika izrade (Tite, M. S., Kilikoglou, V., Vekinis, G. 2001: 304).

Čvrstina se definiše kao sposobnost keramičke posude da izdrži različite mehaničke pritiske, a da pri tome ne dođe do stvaranja pukotina, lomljenja, deformacija ili abrazije (Bronitsky, G. 1989: 590). Izlišno je govoriti o tome kako čvrstina i tvrdoća utiču na upotrebu, jer je teško zamisliti one uslove u kojima bi se od posude tražilo da bude slaba, meka i lomljiva. Drugim rečima, čvrstina i tvrdoća su uvek poželjne osobine. Pored toga, čvrstina i tvrdoća u mnogome utiču na trajnost upotrebe, pa su time važni faktori u analizama upotrebnog veka i formativnih procesa (Neupert, M. A. 1994: 709). Na smanjenje čvrstine i tvrdoće utiče dugotrajno izlaganje posude termičkim pritiscima, kao i oni načini upotrebe koji izazivaju mehaničke i hemijske promene na zidovima posuda. Kada je u pitanju arheološki

materijal, posebno treba imati u vidu mogućnosti uticaja različitih procesa, kako hemijskih, tako i mehaničkih, do kojih dolazi u postdepozicionom okruženju.

Osnovni funkcionalni tipovi posuda za koje su čvrstina i tvrdoća izuzetno važne osobine su velike posude korišćene za transport i pripremu hrane. U procesu mehaničke pripreme hrane, manipuliše se sadržajem posude (mešanje, udaranje, mlevenje, mrvljenje) i time se na nju vrše mehanički pritisci, koji izazivaju različita mehanička oštećenja (stvaranje pukotina, abrazija i druga oštećenja), kako na spoljnim, tako i na unutrašnjim površinama. Posude koje služe za termičku obradu hrane izložene su i mehaničkim i toplotnim pritiscima. Posude sa funkcijom transporta najviše su izložene mehaničkim pritiscima.

### **Karakteristike ponašanja (*performance characteristics*)**

Karakteristike ponašanja definišu se kao sposobnost nekog artefakta da učestvuje u različitim interakcijama: artefakte upotrebljavaju ljudi, ali oni u nekim slučajevima dolaze i u međusobni kontakt. Karakteristike ponašanja zavise od formalnih osobina artefakta (Schiffer, M. B. 2003: 170-171).

### *Propustljivost (permeability)*

Propustljivost utiče na cirkulaciju gasova i tečnosti kroz porozne zidove keramike, od unutrašnje površine ka spoljnoj i obrnuto. Ona zavisi od otvorenih pora, tj. onih pora koje su međusobno povezane kroz celu širinu zida (Bronitsky, G. 1986: 225). Propustljivost se može smanjiti upotrebom premaza, koji sprečava prodiranje tečnosti u zidove posude, dok osnovna masa može i dalje ostati porozna. Sličan efekat stvara i glačanje površine.

## MEHANIČKI PRITISCI

Posude za skladištenje, transport i kuvanje najviše su izložene različitim mehaničkim pritiscima. Tako će, na primer, posude za transport tečnosti morati da izdrže teret sadržaja pohranjenog u posudi, ali i mehaničke pritiske spolja, recimo onih nastalih fizičkim kontaktom sa drugim napunjenim posudama. Čvrstina i tvrdoća keramike direktno su u vezi sa njenom otpornošću na mehaničke pritiske, mada su od značaja i vrsta primesa, kao i oblik posude. Otpornost keramike na različite mehaničke pritiske bila je tema mnogih eksperimentalnih studija (na primer Bronitsky, G., Hamer, 1986; Schiffer, M. B., Skibo, J. M. 1987; Mabry, J. et al. 1988; Neupert, M. A. 1994; Kilikoglou, V., Vekinis, G. 2002). Razlikuje se nekoliko vrsta mehaničkih pritisaka:

1. tenzioni pritisak (*tensile stress*) nastaje kada na materijal deluje vučna sila; ova vrsta pritiska javlja se na unutrašnjim površinama posuda za vreme zagrevanja (Schiffer, M. B. et al. 1994: 199).

2. tzv. *shear stress* nastaje uticajem dve sile koje deluju u suprotnim pravcima;

3. kompresija (*compressive stress*) nastaje primenom jake sile na materijal pod pravim uglom; definiše se sposobnošću materijala da izdrži veliko opterećenje (Bronitsky, G. 1986: 239).

4. transversalan pritisak (*transverse, flexural stress*) nastaje uticajem sile koja utiče na uvijanje materijala;

5. torzioni pritisak (*torsional stress*) nastaje uticajem više različitih sila u raznim pravcima;

6. pritisak izazvan udarom (*impact stress*) (Rice, P. 1987: 361-362). Otpornost na udar (*impact resistance, impact strength*) je ona osobina keramike koja se određuje otpornošću posuda na one mehaničke pritiske koji izazivaju lomljenje (Mabry, J. et al



1988: 830). Otpornost na udar meri se količinom energije koju je potrebno primeniti na određeni način i u određenom smeru da bi se primerak keramike polomio (Bronitsky, G., Hamer, J. 1986:90).

Na kraju, važna karakteristika ponašanja u vezi sa mehaničkim pritiscima je i otpornost na abraziju. Ova osobina je značajna kako za analizu funkcije, tako i za rekonstrukciju promena izazvanih posle deponovanja. Na nju utiču temperatura pečenja, sastav primesa i tretman površina (Skibo, J. M., Schiffer, M. B., Reid, K. C. 1989: 127).

## TERMIČKI PRITISCI

Keramičke posude su izložene termičkim pritiscima u dve situacije: u tehnološkom procesu pečenja posude i prilikom izlaganja vatri za vreme kuvanja. Zato su karakteristike ponašanja u vezi sa termičkim pritiscima jedna od najvažnijih kategorija u analizi i rekonstrukciji ne samo tehnologije izrade, već i funkcije.

Prilikom zagrevanja, dolazi do širenja pojedinačnih sastojaka ili faza u osnovnoj sirovini ili dodatim primesama; u toku hlađenja, suprotno tome, oni se skupljaju. Sa porastom, odnosno padom temperature, dakle, dolazi do neujednačenog širenja i skupljanja različitih komponenti u zidovima keramičke posude. Posledica ove pojave je stvaranje niza različitih pritisaka na različitim delovima posude. Kod posuda koje se izlažu vatri, na primer, dolazi do toga da su spoljne površine izložene bržem rastu temperature od unutrašnjih; tako se različiti delovi posude neujednačeno šire i skupljaju i izloženi su različitim pritiscima: sabijanju na spoljnim i tenzionim na unutrašnjim površinama (Rice, P. 1987: 363).

### *Termička provodljivost (thermal conductivity)*

Termička provodljivost je sposobnost keramike da pod određenim rastom temperature provodi toplotu (Rice, P. 1987: 364). Generalno govoreći, keramika, posebno ona visoko porozna i raznorodnog faznog sastava, loš je provodnik toplote (e.g., Sillar, B. 2003:175). Sa druge strane, loša termička provodljivost istovremeno podrazumeva visoku otpornost na termički šok, pa je keramika takođe i dobar izolator. Visoka termička provodljivost omogućuje brže zagrevanje sadržaja posude, ali će istovremeno usporiti hlađenje; zato je, kada je u pitanju keramika namenjena kuvanju, najpoželjnija ona keramika koja ne pokazuje veoma visoku termičku provodljivost (Rye, O. 1981: 26). Termička provodljivost zavisi od niza faktora: pre svega sastava keramike i mikrostrukture. Veličina i oblik pora utiče na brzinu kojom toplota prolazi kroz zid posude. Prisustvo zatvorenih pora smanjuje provodljivost, pa će takva keramika biti dobar izolator. Velike, otvorene i međusobno povezane pore će povećati provodljivost, kao i otpornost na termički šok.

### *Otpornost na termički šok (thermal shock resistance)*

Termički šok je ekstremni termički pritisak izazvan naglim i velikim porastom ili padom temperature (Rice, P, 1987: 365). Javlja se, na primer, kada se hladna posuda postavi na otvorenu vatru ili kada se posuda ukloni sa vatre na neko hladnije mesto. Otpornost na termički šok meri se određivanjem maksimalne temperaturne promene koju keramika može da izdrži, a da pri tome ne dođe do pojave pukotina ili deformacija (Tite, M. S., Kilikoglou, V., Vekinis, G. 2001: 313). Termički pritisci nastaju neujednačenim širenjem ili skupljanjem unutrašnjih, odnosno spoljašnjih površina keramike pod uticajem nagle promene temperature na jednoj od površina. On nastaje uticajem tenzionih pritisaka koji su posledica rasta temperature u zidovima

posude, što izaziva različito toplotno širenje pojedinačnih faza u osnovnoj sirovini ili primesama.

Kada je lonac postavljen na vatru, temperatura na spoljnim površinama raste brže nego temperatura unutar zidova i na unutrašnjim površinama, što dovodi do istovremenog širenja spoljne i kompresije na unutrašnjoj površini. Suprotno tome, unutrašnje površine izložene su nižoj temperaturi od temperature zidova i one su podložne tenzionim pritiscima. Keramika je izdržljivija na sabijanje nego na rastezanje, tako da se pukotine prvo javljaju na površinama pod tenzionim pritiskom. Najveći tenzioni pritisak posuda doživljava na unutrašnjim površinama za vreme zagrevanja (Schiffer, M. B. et al. 1994: 199). Takođe, dno je izloženo višim temperaturama od gornjeg dela posude, pa je stoga ono podložno većem toplotnom širenju. Niža temperatura na unutrašnjoj površini gornjeg dela posude sprečava toplotno širenje spoljnih površina. Posledice se ogledaju u pojavi kompresije na spoljnim površinama, tenzionim pritiscima na unutrašnjim i tzv. *shear* u samom zidu (Pierce, C. 2005: 128).

Otpornost na termički šok zavisi od niza faktora, pre svega od mikrostrukture i oblika keramičke posude. Grnčar može da utiče na povećanje otpornosti na toplotni šok na više načina: izborom sirovine i odgovarajućih primesa, njihovom količinom, veličinom i oblikom, stanjivanjem zidova, oblikom i veličinom posude, temperaturom pečenja, kao i tretmanom spoljnih i unutrašnjih površina.

#### *Sposobnost zagrevanja (heatnig effectiveness)*

Ova osobina je veoma bliska termičkoj provodljivosti i takođe se odnosi na sposobnost zidova posude da provode toplotu ili na sposobnost zidova da zagrevaju sadržaj posude (Schiffer, M. B, Skibo, J. M. 1987). Visoka poroznost i propustljivost

smanjuju sposobnost zagrevanja (Tite, M. S., V. Kilikoglou, G. Vekinis 2001:322). B. Silar dopunjuje ovaj zaključak i ističe da će posle dugotrajnije upotrebe, tečnosti pohranjene u posudi zasititi pore, pa će time sprečavati da voda lako prolazi kroz zidove posude do spoljne površine; tako će zasićene pore delovati potpuno suprotno i povećaće sposobnost zagrevanja (Sillar, B. 2003: 175). Ovoj osobini je slična i termička difuznost (*thermal diffusivity*). Meri se stopom promene temperature pri izlaganju toploti. Tako je provodljivost mera količine toplote koja se prenosi u jedinici vremena, a difuznost je mera stepena promene temperature (Bronitsky, G. 1986: 252).

I ova osobina zavisi od već pomenutih faktora: mikrostrukture, vrste i veličine primesa i otremana površina.

#### *Sposobnost hlađenja (cooling effectiveness)*

Sposobnost hlađenja je osobina suprotna prethodnoj: zahvaljujući isparavanju vode kroz porozne zidove dolazi do sniženja temperature, tj. hlađenja sadržaja posude (Schiffer, M. B, Skibo, J. M. 1987: 604). Već smo napomenuli da u posudama sa visokom poroznošću i propustljivošću, tečni sadržaj, tj. voda, može da se ohladi procesom isparavanja koji se odvija kroz spoljne površine. Ova osobina zavisi od sastava primesa, poroznosti i tretmana površina.

#### **Formalne osobine posuda**

Formalne osobine su sve sve one osobine keramičkih posuda koje utiču na karakteristike ponašanja. To su oni atributi keramike koji se uzimaju kao važni parametri u svakoj statističkoj analizi materijala, koje arheolog može da opiše i

obradi, često bez korišćenja laboratorijskih analitičkih tehnika. U formalne osobine spadaju:

1. debljina zidova;
2. faktura, tj. dodate primese;
3. tretman spoljnih i unutrašnjih površina;
4. dekoracija;
5. morfologija posude.

Formalne osobine i način na koji one utiču na karakteristike ponašanja bile su tema i mnogih eksperimentalnih istraživanja, što ćemo pokazati u tekstu koji sledi. Na ovom mestu ćemo razmotriti prve četiri formalne osobine, dok će morfologija posuda biti tema posebnog poglavlja.

## DEBLJINA ZIDOVA

Debljina zidova utiče na mnoge fizičke i mehaničke osobine, kao i karakteristike ponašanja. Pre svega, čvrstina posude se povećava sa povećanjem debljine zida (Tite, M. S., Kilikoglou, V., Vekinis, G. 2001: 304). Debeli zidovi takođe povećavaju otpornost na udar (*impact resistance*), samo u onim situacijama, međutim, kada je posuda statična (Schiffer, M. B., Skibo, J. M 1987: 607). Debeli zidovi podrazumevaju posude većih dimenzija, koje su uglavnom veoma teške, pa je verovatnoća da će se polomiti kada padnu mnogo veća.

Kada su u pitanju termičke osobine, debljina zidova igra veoma važnu ulogu. Tanki zidovi imaju bolju termičku provodljivost od debelih; posledica toga je da se namirnice unutar posude brže termički obrade, a da se pri tome štedi gorivo; tanki zidovi povećavaju sposobnost zagrevanja sadržaja posude (Braun, D. P. 1983), sposobnost hlađenja i povećavaju otpornost posude na termički šok (Rice, P.

1987:227; Braun, D. P. 1983). Ovo je, međutim, u suprotnosti sa podacima iz etnografske literature, koji pokazuju da lonci za kuvanje obično imaju relativno debele zidove (Henrickson, E., McDonald, M. 1983: 632-634). To navodi na opreznost u interpretaciji rezultata analiza arheološkog materijala: očigledno je, dakle, da debljina zida ne mora uvek biti primarna briga majstora grnčara.

## FAKTURA

Razlike koje se ogledaju u sastavu gline koja se koristi kao osnovna sirovina u izradi keramičkih posuda, kao i primesa koje se u osnovnu sirovinu dodaju, u arheologiji obično predstavljaju one parametre na osnovu kojih se definišu razlike između pojedinačnih hronoloških faza u okviru jedne kulture ili kulturnih grupa. Mnoga istraživanja su, međutim, pokazala da je izbor primesa koje se dodaju u glinu u direktnoj vezi sa funkcijom posuda, kao i sa tehnološkim aspektima koji su u vezi sa procesom izrade. Kao što smo videli, mnoge fizičke i mehaničke osobine keramike, kao i karakteristike ponašanja keramičkih posuda ne zavise samo od vrste osnovne sirovine, već, pre svega od vrste dodatih primesa. Zato je proučavanje fakture izuzetno važno u svim aspektima analize keramike.

Faktura se obično deli na grubu, srednju i finu; kriterijumi na osnovu kojih se vrši ova podela, međutim, nisu uvek jasno definisani.

Jedna od velikih zabluda ogleđa se u shvatanju fakture kao manje ili više prečišćene osnovne sirovine. U literaturi se često nailazi na stanovište po kome se grubom fakturom smatra loše prečišćena glina. Sigurno je, međutim, da su praistorijski majstori morali da izvrše neku vrstu mehaničkog čišćenja tek pribavljene sirovine, koja je morala da sadrži različite vrste, kako mineralnih (krupni komadi stena, na primer), tako i organskih uključaka (lišće, korenje i sl); u suprotnom, glina bi bila neplastična i bilo bi je nemoguće oblikovati. Svaka glina, dakle, pre oblikovanja

mora biti prečišćena; ovakva priprema sirovine je obavezni korak u tehnološkom procesu izrade keramike i to bez obzira na to da li će posuda biti grube ili fine fakture. Prisustvo grubljih konkrecija ne može biti posledica neprečišćenosti osnovne sirovine. Naprotiv, njihovo prisustvo posledica je svesne akcije majstora: *namerno su dodate*. Osnovni kriterijum za klasifikaciju fakture, stoga, mora biti količina, vrsta i veličina dodatih primesa (Shepard, A. O. 1971: 131), a osnovna pitanja na koja istraživač treba da odgovori su: zašto se određene vrste primesa dodaju i kako one utiču na karakteristike ponašanja.

Primese se definišu kao materijal koji se dodaje u osnovnu sirovinu da bi poboljšao ili na neki drugi način uticao na karakteristike ponašanja jedne posude u toku njene upotrebe (Braun, D. P. 1983)<sup>5</sup>. U zavisnosti od načina upotrebe, primese će uticati na različite termičke i mehaničke osobine. U arheologiji i etnoarheologiji potvrđeno je korišćenje veoma širokog spektra različitih vrsta materijala koji se koriste kao primese. Mogu se podeliti na neorganske (pesak, kalcit, ljušture školjki, tucana keramika - šamot, razne vrste usitnjenog kamena) i organske (pleva, trava, perje, pepeo, dlaka, jaja, balega, pa čak i krv).

Kada se govori o fakturi, ponekad se misli na granulaciju osnovne sirovine ili primesa. Ovo se, naravno, može utvrditi samo laboratorijskim ispitivanjima, a nikako makroskopskim posmatranjem. Tako se grubom keramikom smatra ona keramika čije su primese veličine 1 mm ili više, dok su primese u finoj keramici manje od 0.5 mm (Bronitsky, G., Hamer, R. 1986: 90). Kada je u pitanju uticaj granulacije primesa na termičke osobine keramike, zaključci u literaturi su često kontradiktorni. Bronitski i Hamer su eksperimentom pokazali da keramika fine ima veću otpornost na termički šok, nego keramike grube fakture (Bronitsky, G., Hamer, R. 1986). Suprotno

---

<sup>5</sup> u engleskom jeziku se za primese koristi niz različitih termina, kao što su *inclusions*, *temper*, *non-plastics*, *additives* itd; treba naglasiti da se ne radi o sinonimima; u našem jeziku, međutim, svi ovi dodaci se jednostavno nazivaju primesama

mišljenje zastupa Steponaitis: veću otpornost na termički šok imaju posude grube fature (Schiffer, M. B. Skibo, J. M. Reid, K. 1989: 123). Grube posude će, sa druge strane, imati bolju otpornost na abraziju (Schiffer, M. B. Skibo, J. M. Reid, K. 1989: 123), ali i smanjenu otpornost na tenziona mehaničke pritiske i udar (Bronitsky, G., Hamer, R. 1986).

Mnogo važnije od pitanja granulacije je, čini se, vrsta dodatih primesa u osnovnu sirovinu. Zato ćemo u tekstu koji sledi razmotriti saznanja i rezultate različitih eksperimenata koji se tiču uticaja vrste primesa na karakteristike ponašanja.

### *Mineralne primese*

Na početku treba istaći jednu važnu činjenicu. Većina mineralnih primesa ponaša se kao opošćivač. Funkcija opošćivača je smanjenje plastičnosti previše plastične osnovne mase. Prisustvo pojedinih mineralnih primesa, dakle, ne mora nužno biti posledica potrebe za poboljšanjem određenih karakteristika ponašanja, već potrebe za modifikovanjem osnovne sirovine radi lakše izrade i oblikovanja. Ponekad je veoma teško utvrditi da li dodate primese imaju funkciju opošćivača ili je njihovo prisustvo posledica čisto funkcionalnih potreba. Zato je često potrebno izvršiti karakterizaciju osnovne sirovine laboratorijskim analitičkim tehnikama i tehnološkim analizama. Sa obzirom na to da je težište našeg istraživanja funkcija, na ovom mestu se nećemo zadržavati na detaljima tehnološkog procesa, već ćemo razmotriti uticaje mineralnih primesa na karakteristike ponašanja, pre svega na termičke osobine.

Kao što smo videli, termički šok nastaje kada je posuda izložena naglim promenama temperature, koja izaziva različit stepen širenja, odnosno skupljanja, kako osnovne sirovine, tako i mineralnih primesa u zidovima posude. Da bi se izbegla pojava pukotina ili lomova koji nastaju kao posledica niske otpornosti na termičke



pritiske, mineralne primese moraju imati isti koeficijent toplotnog širenja kao i osnovna masa. Zato je tucana keramika idealna primesa, jer ona ima iste termičke osobine kao i osnovna sirovina (Rye, O. 1981: 33). Ukoliko nije moguće dodati ovu vrstu primesa, na smanjenje termičkog pritiska će uticati dodavanje manje količine što usitnijih mineralnih primesa (Arnold, D. 1984: 24). Sličnog je mišljenja i A. Vuds, koja ističe da će one mineralne primese koje imaju nizak koeficijent termičkog širenja ili koeficijent sličan koeficijentu pečene keramike, kao što su šamot, kalcit i feldspati, imati veliku otpornost na termički šok; sa druge strane, materijal kao što je kvarc, koji ima viši koeficijent toplotnog širenja gotovo sigurno će izazvati pojavu pukotina (Sillar, B. 2003:177). Ovo mišljenje je, međutim, kasnije korigovano. Naime, eksperimentom je utvrđeno da se u toku hlađenja čestice kvarca ponovo skupljaju, ostavljajući oko sebe prazan prostor; ove mikro - pore utiču na rasipanje energije kojom spoljne sile deluju na keramiku i tako sprečavaju pojavu pukotina. Zato prisustvo kvarca, u stvari, obezbeđuje veću otpornost na termički šok, nego što na nju utiče šamot, a istovremeno se povećava tvrdoća (Kilikoglou, V., Vekinis, G., Maniatis, G. 1995).

Školjke se kao primesa često nalaze u praistorijskoj, pa i vinčanskoj keramici. Mnogi autori su mišljenja da prisustvo školjki u fakturi povećava otpornost na termički šok. Prema mišljenju nekih autora (Tite, M. S., Kilikoglou, V., Vekinis, G. 2001: 319), pljosnate čestice školjki efikasnije su u sprečavanju pojave pukotina od uglastih čestica kvarcnog peska ili šamota; takođe, koeficijent termičkog širenja školjki mnogo je niži od koeficijenta kvarca; zato prisustvo školjki povećava otpornost na termički šok. Eksperimenti Bronitskog i Hamera potvrdili su ovakvo stanovište; pokazali su da keramika sa gorelim školjkama u fakturi ima veliku otpornost na termički šok i udar, pa je zbog toga u prednosti u odnosu na keramiku sa

primesama peska (Bronitsky, G., Hamer, R. 1986: 97). Rezultati ovog eksperimenta su, međutim, dovedeni u pitanje, jer testovi nisu sprovedeni na originalnoj, praistorijskoj keramici, već na probnim briketima, koji nisu izrađeni od originalne sirovine (Feathers, J. K. 1989).

Pored primesa kvarca i školjki, u fakturi se mogu naći i druge vrste mineralnih primesa. Krečnjak se ponaša slično školjkama, jer ima isti koeficijent termičkog širenja.

### *Organske primese*

Razlozi za upotrebu organskih primesa u osnovnoj masi u literaturi još uvek nisu u potpunosti razjašnjeni. Jedno od objašnjenja tiče se nedovoljno razvijene tehnologije. Naime, sagorevanje organskih materija u zidu posude omogućava ujednačenije pečenje, posebno u uslovima nemogućnosti kontrolisanja atmosfere i temperature pečenja (Skibo, J. M., Schiffer, M. B., Reid, K. 1989: 133). Pored toga, dodavanje organskih primesa, na primer slame, smanjuje plastičnost suviše plastične osnovne sirovine. Takođe, korišćenje ovih vrsta primesa dovodi se u vezu sa proizvodnjom keramike kao sezonske aktivnosti, koja se odvija neposredno posle žetve (Rye, O. 1981: 34).

Prednost keramike sa organskim primesama mnogi autori vide u njenoj velikoj poroznosti, koja nastaje kao posledica sagorevanja organskih materija. Kao što je ranije navedeno, velika poroznost povećava otpornost na termičke pritiske, jer posuda, zahvaljujući prisustvu pora "diše" i mnogo je elastičnija, što sprečava pojavu pukotina i lomova. Prisustvo organskih primesa povećaće i otpornost na mehaničke pritiske, posebno otpornost na udar. Pore koje ostaju u zidovima posude na mestima

gde su organske materije izgorele mogu, slično neorganskim primesama, da spreče pojavu i širenje pukotina.

Na ovom mestu je neophodno pomenuti eksperiment koji je sproveden sa ciljem da se utvrde prednosti organskih u odnosu na mineralne primese. Sprovedeni eksperimenti uključivali su testiranje probnih pločica izrađenih od gline sa mineralnim i organskim primesama. Između ostalog, izvršeno je testiranje otpornosti na udar, abraziju i termički šok, sposobnost zagrevanja i hlađenja (Skibo, J. M., Schiffer, M. B., Reid, K. 1989). Rezultati eksperimenta su pokazali da keramika sa organskim gotovo nigde ne pokazuje prednost u odnosu na onu sa mineralnim primesama: keramika sa organskim primesama je manje otporna na abraziju, jer sagorevanje organskih materija dovodi do formiranja neravne površine; organske primese nisu se pokazale efikasnijim od mineralnih u testovima otpornosti na udar; keramika sa primesama peska pokazala se delotvornijom u testovima sposobnosti zagrevanja; u testovima otpornosti na termički šok nije utvrđena razlika između keramike sa mineralnim od keramike sa organskim primesama.

Sa obzirom na to da keramika sa organskim primesama ima veću poroznost, obično se pretpostavlja da ovakve posude imaju bolju sposobnost zagrevanja. Eksperimenti, su, međutim, pokazali da voda u njima uopšte ne može da provri. Razlog leži u činjenici da zidovi poroznih posuda mnogo više upijaju vodu (Schiffer, M. B., Skibo, J. M. 1987). Autori ukazuju na to da se ovaj nedostatak može prevazići korišćenjem neke vrste prevlake ili premaza (Schiffer, M. B., Skibo, J. M. 1987; Tite, M. S., Kilikoglou, G., Vekinis, G. 2001: 322). B. Silar ovaj zaključak dopunjuje (Sillar, B. 2003: 175). Naime, ukoliko se posuda kontinuirano koristi u dužem vremenskom periodu, minerali iz vode će se taložiti u porama, što će dovesti do njihovog zasićenja. Ovako zasićene pore će, naprotiv, uticati na povećanje termičke

provodljivosti. Ipak, ona ukazuje i na to da lonac za kuvanje ne sme biti suviše efikasan u provodljivosti toplote, jer posuda takođe služi i kao izolator.

Kao što smo videli, organske primese nisu pokazale gotovo nikakvu prednost u karakteristikama ponašanja u odnosu na mineralne primese. Naprotiv, mineralne primese su se gotovo uvek pokazale kao pogodnije, posebno kada su u pitanju termičke osobine. Postavilo se pitanje, dakle, zašto su se grnčari opredeljivali za korišćenje organskih primesa, koje, usput, često smanjuju plastičnost i otežavaju modelovanje. Autori su kao jedinu pogodnost keramike sa organskim primesama identifikovali njenu manju težinu u odnosu na druge vrste keramike. Posledica toga je da je ova keramika otpornija na lomljenje i udar. Mala težina posuda sa organskim primesama podrazumeva još jednu važnu osobinu: laka je za nošenje. Zato nije čudno što mnogi autori ovakvu keramiku povezuju sa zajednicama koje su manje-više mobilne (Schiffer, M. B., Skibo, J. M. 1987; Skibo, J. M., Schiffer, M. B., Reid, K. 1989). Tehnološki izbor majstora je, dakle, bio takav, da su osobine kao što su otpornost na abraziju i sposobnost zagrevanja "žrtvovane" zarad jednog razloga: lake prenosivosti posuda. Treba naglasiti da najranija keramika iz svih delova sveta, od najstarije, Džomon keramike iz Japana, do severne i južne Amerike, uvek ima organske primese u fakturi. Ovakva, lagana i lako prenosiva keramika, karakteristična je za zajednice koje prelaze sa lovačko-sakupljačke privrede na proizvodnju hrane, odnosno sa nomadskog na sedelački način života (Rice, P. 1999). U ovom svetlu bi svakako trebalo posmatrati i najstariju keramiku sa naših prostora, koja pripada starčevačkoj kulturi (Manson, J. 1995).

Kada je u pitanju starčevačka keramika, iako su istraživanja počela pre skoro jednog veka, analize keramike nisu otišle dalje od makroskopskih opservacija. Posledica ovakvog pristupa ogleda se u pogrešno donesenim zaključcima i veoma

proizvoljnim interpretacijama, koje se tiču pre svega tehnologije izrade. Za sada jedino interdisciplinarno istraživanje sprovedeno je na nekoliko uzoraka starčevačke i vinčanske keramike (Logar, M. et al. 2004). Deset fragmenata neolitske, starčevačke i vinčanske keramike analizirani su polarizujućim i elektronskim skenerskim mikroskopom, rendgenskom difrakcionom analizom i infracrvenom spektroskopijom. Težište istraživanja bila je vinčanska keramika, tako da detaljniji podaci o starčevačkoj i dalje nisu dostupni. Kada je u pitanju mikrostruktura, pokazalo se da su u starčevačkoj keramici (uzorci sa Lepenskog Vira i Starčeva) prisutne duguljaste pore koje su nastale gorenjem organskih primesa, tj. biljnih vlakana. Prisustvo organskih dodataka objašnjeno je potrebom za poboljšanjem plastičnosti, ali i ojačanjem koje bi sprečilo deformaciju posude za vreme sušenja.

## TRETMAN POVRŠINA

Obrada spoljnih i unutrašnjih površina keramičkih posuda jedna je od osnovnih atributa na koje se uvek obraća posebna pažnja u tipološkim analizama. Tako se uvek razlikuju gruba, priglachana, glačana i polirana površina, a prisustvo premaza se uvek posebno ističe. Komentarisanje obrada površina se na ovome uglavnom i završava i gotovo se uvek posmatra kao estetska kategorija, koja se dovodi u vezu sa zanatskom veštinom majstora i stepenom (ne)razvijenosti tehnologije izrade. Sagledavanje osobina keramike dodatno otežava i činjenica što se u literaturi obrade površina uglavnom ne razlikuju od fature, pa se ova dva potpuno različita pojma često mešaju. Kada je u pitanju starčevačka keramika, čest je slučaj da se, kada se govori o finoj keramici, u stvari misli na finoglačanu keramiku (na primer: Garašanin, D. 1954: 73-74). Zato su podaci iz literature gotovo beskorisni i nemoguće je doneti zaključke bez direktnog uvida u materijal. Poseban problem predstavlja

definisanje grube površine. Grubom površinom se u literaturi uglavnom smatra keramika neravnih zidova, ali se ovoj kategoriji keramike posvećuje vrlo malo pažnje i ona se retko detaljnije opisuje. Obično se smatra da ovakva površina predstavlja odraz nedovoljno razvijene tehnologije izrade, gde majstori grnčari nisu imali dovoljno znanja koje bi mogli primeniti da bi dobili posude sa ujednačenim, glatkim zidovima. Ovakav, omalovažavajući stav prema praistorijskim grnčarima svakako treba korigovati. U prilog tome svedoči i sam materijal. Česta je pojava da se gornji deo posude brižljivo glača, dok je donji deo trbuha grub, a unutrašnje površine su uvek manje-više izravnate. Ovo posebno govori o tome da je gruba, kao i ostale vrste površina, rezultat *svesne aktivnosti* majstora. Gruba površina se formira pošto je posuda već oblikovana i već smo ranije istakli da bi je zato pre trebalo nazivati ogrubljenom površinom (Vuković, J. 2004).

Ono što većina tipoloških analiza uglavnom gubi iz vida je činjenica da je obrada površina pre svega *funkcionalna kategorija*. Različiti tretmani površina zavise pre svega od namene posuda, a njihova dekorativna uloga je, posebno kod rane keramike, u drugom planu. Zato je najvažnije pitanje koje se postavlja u analizi ove formalne osobine kako ona utiče na različite karakteristike ponašanja.

Već smo ranije istakli da primena glačanog premaza ima osnovnu funkciju da smanji poroznost. To je veoma važno kod posuda koje služe za skladištenje ili transport tečnosti, jer prisustvo premaza ili uglačane površine zatvara otvorene pore i tako smanjuje propustljivost. Gruba spoljna površina olakšava nošenje posude, koja može biti vlažna i klizava i dakle, važna je osobina koja utiče na prenosivost posude (*portability*) (Rice, P. 1987: 138).

Pitanje tretmana površina mnogo je složenije u pogledu ponašanja posuda koje su izložene termičkim pritiscima. Prilikom zagrevanja, istovremeno dolazi do

transfera toplote vazduha od spoljnih ka unutrašnjim i vode ili pare od unutrašnjih ka spoljnim površinama. Delovanjem ovih procesa dolazi do stvaranja termičkih i mehaničkih pritisaka kako na spoljnim, tako i na unutrašnjim zidovima posuda. Stavovi različitih autora prema pitanjima termičkih osobina keramike sa različitim obradama površina, međutim, nisu usaglašeni i često su oprečni. Rezultati nekolicine eksperimenata se, stoga, ne mogu uzeti kao konačni, a tek će buduća istraživanja možda dati neke sigurnije odgovore.

Uticaj tretmana površina na otpornost na termički šok bio je tema posebnog eksperimenta (Schiffer, M. B. et al. 1994). Replike posuda sa različitim obradama površina izlagane su izvoru toplote u uslovima koji su slični kuvanju na otvorenoj vatri. Pokazalo se da visoko propustljive unutrašnje površine, čije su pore zasićene vodom, imaju veću otpornost na stvaranje pukotina u toku izlaganja visokoj temperaturi; nasuprot tome, unutrašnje površine sa premazom, koji smanjuje propustljivost, biće izložene većem riziku. Ima međutim, i suprotnih mišljenja. Neki autori smatraju da korišćenje premaza na unutrašnjim površinama posuda utiče na povećanje sposobnosti zagrevanja, posebno kod keramike sa velikom količinom primesa pečenoj na niskim temperaturama, koja ima visoku poroznost i propustljivost (Tite, M. S., Kilikoglou, G., Vekinis, G. 2001: 322).

Kada su u pitanju neravne ili ogrubljene površine, obično se smatra da su ovakve posude posebno pogodne za kuvanje, jer neravni zidovi povećavaju površinu koja je izložena izvoru toplote. Tako posuda ima veću sposobnost zagrevanja, jer uvećana spoljna površina upija i provodi veću količinu toplote, a da se pri tome štedi gorivo (Rice, P. 1987: 232). Eksperimenti su, međutim, pokazali suprotno. Utvrđeno je da neravne, reljefne površine, naprotiv, negativno utiču, kako na sposobnost zagrevanja, tako i na sposobnost hlađenja; takođe, nisu dobri provodnici toplote

(Young, L. C., Stone, T. 1990). Rezultatima ovih eksperimenata se, međutim, prebacuje to što nisu sprovedeni na replikama originalnih posuda koje su izrađene od istih sirovina i primenom originalnih tehnika (Pierce, C. 2005: 125). Eksperimenti K. Pirsu pokazali su da reljefna površina donjeg dela posude može imati povoljan efekat u procesu kuvanja hrane. Iako je manje efikasna u provođenju toplote od keramike sa ravnim površinama, pokazalo se da je, zahvaljujući dobroj sposobnosti hlađenja, veoma efikasna u sprečavanju mogućnosti da sadržaj iskipi. Zato je keramika sa ovom vrstom tretmana površina pogodnija za određene tehnike kuvanja, kao što je, na primer, "krčkanje" (*simmering*).

Tretman površina, kako se eksperimentalno pokazalo, ima uticaja i na otpornost posude na abraziju. Tako priglačana i polirana keramika bez premaza ima veoma malu otpornost na ovu vrstu mehaničkih pritisaka, dok je keramika sa premazom od smole daleko otpornija (Skibo, J. M., Butts, T. C., Schiffer, M. B. 1997).

Na osnovu eksperimentalnih istraživanja, pokazalo se da su posude sa većom propustljivošću i poroznošću mnogo otpornije na termičke pritiske, dok su daleko manje otporne na mehaničke pritiske, posebno abraziju. Prisustvo premaza, dakle, ne bi trebalo dovoditi u vezu sa posudama namenjenim termičkoj obradi namirnica. Uloga premaza je pre svega zatvaranje pora, što se odmah može dovesti u vezu sa skladištenjem i transportom tečnosti. Ovo potvrđuju i etnoarheološka istraživanja. Grnčari sa Anda, na primer, pre prve upotrebe posuda u zidove utrljavaju životinjsku mast ili krv i tako zatvaraju pore i istovremeno eliminišu "zemljani" ukus hrane (Sillar, B. 2003: 75).

Pitanje reljefnih površina, međutim, takođe mora ostati otvoreno. Nesumnjivo je da, kao što je već pomenuto, neravne površine olakšavaju nošenje velikih, klizavih



posuda. Ne treba, međutim, zaboraviti, mogućnost da je ovakva obrada površina imala i neku drugu ulogu, koja se, za sada, ne može identifikovati.

## DEKORACIJA

Ne treba zaboraviti da keramičke posude, pored utilitarne, mogu imati i neke druge, simboličke uloge. Keramika ima i ulogu komunikacije, a keramički oblici, stil i način ukrašavanja svakako odražavaju i osobenosti socijalnog okruženja (Plog, S. 1980). Vrsta ukrašavanja i motivi, stoga, imaju potpuno različito značenje od ostalih formalnih osobina i zavisice, ne od fizičkih ili mehaničkih, već od kulturnih faktora. Ipak, način upotrebe mora na izvestan način da utiče na ornamentiku. Socijalni kontekst upotrebe keramičkih posuda svakako ovde ima najvažniju ulogu. Kao što je pokazao S. Plog, različite funkcionalne klase posuda imaju različitu ornamentiku; povrh toga, različiti delovi posude mogu se tretirati kao zasebne celine, na kojima se primenjuje i različita dekoracija.

Ako posmatramo ranu keramiku sa naših prostora, međutim, čini se da ornamentika ne mora uvek biti uslovljena socijalnim faktorima. Tu pre svega treba razgraničiti različite vrste ukrašavanja. Slikanje će sigurno spadati u onu grupu ornamentalnih tehnika čiji je društveni i simbolički značaj jasno izražen (Tasić, N. N. *in press*). Kada su druge vrste dekoracije u pitanju, čini se da ih pre treba posmatrati kroz funkcionalnost. Kao što smo ranije naveli, veliki problem u definisanju obrade površina u literaturi tiče se grube, tj. ogrubljene površine, kao i onih neravnih površina koje su dobijene prevlačenjem snopa grančica ili nekog instrumenta. Povrh toga, pojedini načini ukrašavanja često nisu uvek jasno razdvojeni od tretmana površina.

Pitanje barbotina u stračevačkoj kulturi veoma je važno, a njegova pojava se u svim periodizacijama starčevačke kulture izdvaja kao značajna prekretnica i označava početak mlađe faze ove kulture (na primer: Dimitrijević, S. 1974). Pitanje, međutim, koje treba razjasniti, je da li je barbotin vrsta ukrasa ili tretmana površine. Neuređeni barbotin podrazumeva nanošenje razmućene, žitke gline na spoljne zidove posuda, čime se dobija neravna površina. Prevlačenjem prstiju preko ovog sloja dobijaju se motivi koji se nazivaju uređenim ili organizovanim barbotinom. Neuređeni barbotin se, međutim, često meša sa grubom obradom površine, tako da iz literature nije uvek jasno da li se radi o ukrašenim ili ogrubljenim posudama. Ukoliko su na posudu naneta sasvim sitna zrna razmućene gline, tako da površina nije izrazito reljefna, obično se to smatra jednostavno grubom ili čak, neuglačanom površinom (Karmanski, S. 1979: slika na T. LXIV/2). Do još veće zabune dovodi uvođenje termina "pseudobarbotin", koji se kod različitih autora različito definiše. Tako "pseudobarbotin" podrazumeva površinu na koju je nanet tanak sloj razmućene gline, ali ona nije izrazito reljefna (Vetnić, S. 1998: 79, T.2/1,4); nasuprot tome, "pseudobarbotin" može označavati nešto sasvim drugo: prevlačenje snopa grančica preko još vlažnih zidova posude (Dimitrijević, S. 1974: 82). Kod nekih drugih autora ovo se, pak, smatra jednostavno metličastom obradom površine (Srejić, D. 1969).

Kako smo videli, iako je barbotin važan hronološki pokazatelj, on uopšte nije jasno definisan, a ukoliko se radi o sasvim plitkom barbotinu, on se ponekad čak ne smatra vrstom ukrasa, već jednostavno grubom površinom. Zato treba odgovoriti na sledeće pitanje: da li je neuređeni barbotin vrsta ukrasa ili obrade površine?

Ako pogledamo vrste posuda na kojima se javlja neuređeni barbotin, kao i njegovu distribuciju, odgovor se sam nameće. Iako apliciranje većih nalepaka nepravilnog oblika na zidove posude može da stvori dekorativan, "rustičan" efekat,

plitak barbotin se ne može smatrati naročito estetski primamljivim. Dalje, tanak sloj razmućene gline uvek se nanosi na posude većih dimenzija, i to posude S- profilacije ili veće konične zdele. Ove vrste posuda nikako se ne mogu smatrati posudama za "display", koje su izložene pogledu, pa time mogu preneti i neku simboličku poruku. Na posudama S- profilacije, koje se često nazivaju loncima, pažnju posebno privlači distribucija neuređenog barbotina. On se uvek pojavljuje na donjim delovima posuda, dok se gornji delovi, vrat i rame, brižljivo glačaju, a često imaju i premaz. Sve ovo više upućuje na funkcionalnu, nego na estetsku ulogu neuređenog barbotina. Kao što smo naveli u izlaganju o tretmanima površina, ovakvi neravni zidovi mogli bi imati funkciju lake prenosivosti (*portability*), posebno ako se radi o vlažnim, klizavim posudama. Zato neuređeni barbotin pre treba smatrati ogrubljenom površinom nego ornamentom. Svakako da, u trenutku kad površina na koju je naneta razmućena glina počinje da se prevlači prstima, barbotin dobija i dekorativnu ulogu. Ni tada, međutim, on ne gubi funkcionalni značaj.

Kada je reč o ulozi ornamenta, treba se pozabaviti i impreso - ukrasom. Različite vrste utisaka izvedenih prstom, noktom ili štipanjem, karakteristični su za ranu keramiku, pa i za keramiku starije faze starčevačke kulture. Iako veoma dekorativni, impreso ukrasi bi se takođe mogli posmatrati kao vrsta reljefne površine, koja pre svega ima funkcionalni značaj. U prilog tome ide i činjenica da se barbotin prvi put javlja paralelno sa impresom, s vremenom je sve više u upotrebi i polako preuzima primat, dok je impreso sve ređi i postepeno nestaje. Povrh toga, vrste posuda na kojima se javlja impreso uravo su one iste posude na kojima će se kasnije primenjivati neuređeni i uređeni barbotin.

Ne sme se izgubiti iz vida da barbotin, a posebno impreso, koje treba smatrati pre svega vrstom reljefnih površina, mogu imati i dekorativnu ulogu. Da bi se

razgraničila dekorativna od funkcionalne uloge, kako predlaže P. Rajs, treba utvrditi da li je ornament nanet bez nekog određenog reda ili se radi o definisanom motivu, nanetom na određeni deo posude (Rice, P. 1987: 138-141; 232). Impreso ornament je, u početku, prisutan na celoj površini posuda bez nekog određenog reda, dok se u srednjim fazama starčevačke kulture izdvaja motiv žitnog klasa koji je formiran paralelnim redovima ukrasa izvedenim štipanjem noktima. Tako se motiv žitnog klasa svakako izdvaja kao ukras, koji sigurno zadržava i funkcionalnu ulogu. Slično je i kod uređenog barbotina, koji, iako funkcionalan, svakako ima i određeni dekorativni efekat.

Na kraju treba napomenuti da se i druge vrste ukrasa takođe mogu smatrati reljefnim površinama, koje, pre svega imaju funkcionalni, pa zatim estetski značaj. Urezivanje je na posudama starčevačke kulture takođe prisutno samo na većim, grubljim posudama. Motivi su veoma oskudni i uglavnom se svode na linije ili mrežu. Linije su, međutim, uvek neujednačeno urezane, čini se, sasvim nemarno i to uvek na donjim delovima posuda, pa se, slično neuređenom barbotinu, u funkcionalnom smislu mogu smatrati vrstom reljefne površine.

\*\*\*

Formalne osobine, kao što su faktura, obrada površina i dekoracija, kako smo videli, od velikog su značaja u razmatranju funkcije keramičkih posuda. Vrste primesa dodatih u osnovnu sirovinu u mnogome utiču na ponašanje posude prilikom izlaganja visokim temperaturama, kao i na njihovu otpornost na mehaničke pritiske. Obrada površina će, pored ovih, imati uticaja i na smanjenje poroznosti, propustljivost i prenosivost posuda. Rezultati sprovedenih eksperimenata, koji su imali za cilj proveru karakteristika ponašanja u zavisnosti od formalnih osobina, veoma su korisni,

ali ni približno dovoljni da bi se doneli konačni zaključci, posebno ako je tema istraživanja keramika sa naših prostora. Oni su sprovedeni u cilju istraživanja keramičkog materijala koji je geografski i kulturno veoma udaljen od prostora centralnog Balkana. Formalne osobine, takođe, ne smeju se posmatrati odvojeno od ostalih elemenata, kao što su, pre svega tragovi upotrebe. Tek uporednom analizom svih elemenata, uključujući i arheološki kontekst, moguće je doći do potpunijih zaključaka.

## Hemijske analize organskog sadržaja posuda

Interdisciplinarna istraživanja veoma su važan segment u istraživanjima grnčarije. Jedan od vidova funkcionalne analize odnosi se na analize organskih ostataka (*organic residues*) u keramičkim posudama. Analize organskog sadržaja mogu se podeliti na dve grupe:

1. analize organskih materija koje su apsorbivane u poroznim zidovima keramičkih posuda. Mogu se podeliti na dve podgrupe:

a) analize fosfora i

b) analize lipida.

2. analize ugljenisanih organskih materija koje su ostale "zalepljene" na zidovima keramičkih posuda.

### **Analize fosfora**

Osnovni princip ove metode zasniva se na činjenici da fosfor, prisutan u svim organizmima, mora biti apsorbivao kroz propustljive površine u zidove keramičkih posuda. Oni delovi posude koji imaju više kontakta sa organskim materijama imaju i viši nivo fosfora.

Analize fosfora sa keramičkih posuda u arheologiju je uveo G. Duma (Duma, G. 1972). Njegove analize nisu imale za cilj da pokažu da je koncentracija fosfora u zidovima posuda posledica pripremanja hrane izlaganjem visokoj temperaturi, tj. kuvanjem. One su samo pokazale da su porozni zidovi posude sposobni da apsorbiraju fosfor. Pretpostavio je da je fosfor prisutan u samoj glini, a proces pečenja bi uticao na to da distribucija fosfora u zidovima posude postane ujednačena. Ukoliko je ona,

međutim, neujednačena, po njegovom mišljenju bi to bila posledica kontakta posude sa organskim materijama, odnosno posledica upotrebe. Ovaj zaključak je zasnovao na analizama arheološke keramike koje su pokazale da koncentracija fosfora raste od oboda prema dnu posuda.

Na osnovu njegovog rada analizirana je manja zbirka etnografske grnčarije. Upoređena je koncentracija fosfora na nekorišćenoj posudi sa koncentracijom na dve korišćene posude, jedne za kuvanje hrane, druge za kuvanje vode. Rezultati su pokazali da je prisustvo fosfora mnogo veće u posudi za kuvanje hrane nego u druga dva slučaja. Pored toga, unutrašnje površine su imale mnogo veću koncentraciju fosfora nego spoljne (Dunnell, R. C., Hunt, T. L. 1990).

Merenjem koncentracije fosfora kroz zid keramičke posude utvrđeno je, međutim, da keramika apsorbuje i fosfor iz okolnog zemljišta. Time se pokazalo da fosfor nije dobar indikator za analizu funkcije posuda, već pre uslova u postdepozicionom okruženju. Istraživanja keramike različitog sastava i iz različitih geografskih područja koja su sproveli Danel i Hant, pokazala su da je sadržaj fosfora ne samo posledica upotrebe, već zavisi i od sastava gline koja je korišćena kao sirovina, kao i od hemijskih reakcija do kojih je došlo u postdepozicionim uslovima (e.g.).

Analize fosfora, dakle, nisu sasvim pouzdane u rekonstrukciji funkcije grnčarije. Čak i kada smo sigurni da je prisustvo fosfora u zidovima posude posledica upotrebe, ograničena su saznanja i zaključci koji se mogu izvesti iz te činjenice. Prisustvo fosfora govori samo o tome da je posuda nekada sadržavala organske materije. Pojedinačna biljna ili životinjska vrsta ne može biti identifikovana. Pri tome, zahvaljujući istraživanjima Danela i Hanta, poznato je da analiza mora da obuhvati i

utvrđivanje količine fosfora u samoj glini, kao i u sedimentima u kojima se posuda nalazila posle deponovanja.

### **Analize lipida**

Biomolekularna arheologija je ona grana arheologije koja za cilj ima izučavanje organskih komponenti živih organizama, kao što su DNK, proteini, ugljeni hidrati i lipidi. Najnoviji razvoj analitičke hemije i biohemije, posebno analize lipida, otvorio je nove mogućnosti za istraživanje, kako režima ishrane u prošlosti, tako i, analizom vidljivih i apsorbovanih organskih materija u zidovima posude, funkciju keramičkih posuda. Hemijske analize lipida zasnivaju se na identifikaciji smola, katrana, pčelinjeg voska, ali i različitih vrsta hrane biljnog i životinjskog porekla. Lipidi životinjskog porekla, pored svoje značajne uloge u ishrani, korišćeni su i za osvetljenje, zaptivanje, podmazivanje, poliranje, lepljenje, lakiranje, zatim i kao osnova za mirise, medicinske i kozmetičke preparate korišćene u religijskim ritualima i sahranjivanju (Evershed, R. P. et al. 1997: 402).

Sve organske materije podložne su razgradnji i propadanju u postdepozicionim uslovima. Značaj lipida kao biomarkera u arheologiji ogleda se u tome što, zahvaljujući činjenici da nisu rastvorljivi u vodi, imaju veću otpornost na razlaganje nego što je to slučaj sa proteinima i ugljenim hidratima. Za hemijske analize su od posebnog su značaja lipidi apsorbovani u zidovima keramičkih posuda. Pore sprečavaju delovanje mikroorganizama, tako da su lipidi koji su u njima "zarobljeni" veoma dobro očuvani (Evershed, R. P. 1993).

Biomolekularna arheologija lipida bazira se na identifikaciji organskih ostataka poređenjem pojedinačnih komponenti ili njihovih mešavina (biomarkeri) sa onima prisutnim u savremenim biljkama ili životinjama (referentni materijal) (Evershed, R. P. 1993).



Lipidi se mogu podeliti u tri osnovne grupe: 1. masti i ulja, koja se sastoje od triglicerida i neutralnih glicerida; 2. voskovi, sastavljeni od esterifikovanih masnih kiselina i 3. fosfolipidi.

Lipidi su veoma značajni za analize organskih ostataka iz više razloga:

1. pojavljuju se u različitim kombinacijama i količinama u svakoj životinjskoj i biljnoj vrsti;

2. opstaju na uobičajenim temperaturama kuvanja i

3. mogu da opstanu gotovo nepromenjeni u dugom vremenskom periodu u postdepozicionom okruženju (Skibo, J. 1992: 83).

Prema mišljenju mnogih istraživača (Urem-Kotsou, D., Kotsakis, K., Stern, B. 2002a:110), hemijske analize sadržaja posuda imaju mnoge prednosti u odnosu na druge vidove funkcionalne analize. Prvo, istraživanje režima ishrane obezbeđuje polaznu osnovu za istraživanje kompleksne oblasti socijalnih odnosa. Keramičke posude predstavljaju integralni deo aktivnosti koje su vezane za konzumiranje hrane i pića, pa kompleksnost keramičke skupine gotovo sigurno reflektuje određen aspekt socijalnih odnosa. Tako keramičke posude, hrana i aktivnosti usmerene na pripremu i konzumiranje hrane predstavljaju snažno sredstvo za istraživanje i razumevanje strukture zajednica u prošlosti. Ove analize su posebno značajne za istraživanje neolita, jer se znanja o režimu ishrane uglavnom zasnivaju na arheozoološkim i retkim arheobotaničkim ostacima. Drugo, većina saznanja o upotrebi keramičkih posuda potiču iz etnografskih i etnoarheoloških istraživanja. Osnovna manjkavost ovakvog pristupa ogleda se u činjenici da su istraživači za svoja istraživanja imali za uzorak isključivo cele posude. Tako se javljaju izuzetno velike teškoće u primeni ovih saznanja na keramici sa arheoloških lokaliteta, koja se gotovo uvek sastoji od hiljada fragmenata i vrlo malo celih keramičkih posuda. Još veća teškoća se ogleda i u

činjenici da su na arheološkim lokalitetima fragmenti "rasuti", odnosno van originalnog konteksta upotrebe. Proučavanje upotrebe otežano je i time što su mnoge posude bile multifunkcionalne ili sekundarno upotrebljene za druge namene, pošto više nisu bile pogodne za funkciju za koju su izrađene.

Prva istraživanja lipida u arheologiji izvršena su na antičkim amforama sredinom sedamdesetih godina prošlog veka (Skibo, J. 1992: 83). Koristeći analitičke tehnike gasnu hromatografiju (GC) i gasnu hromatografiju/masenu spektrometriju (GC/MS), ova pionirska istraživanja su pokazala da lipidi mogu biti apsorbirani u pore keramičkih posuda i da mogu ostati nepromenjeni u dugim vremenskim periodima u postdepozicionom okruženju.

Analize organskih ostataka apsorbiranim u zidovima posuda mogla bi se podeliti, prema predmetu i cilju istraživanja, na nekoliko glavnih grupa:

1. identifikacija lipida biljnog i životinjskog porekla.

Da bi se rezultati hemijskih analiza pravilno protumačili, potrebno je raspolagati referentnim vrednostima; zato je najvažniji segment u istraživanjima upravo identifikacija lipida. Jedno od prvih istraživanja bilo je usmereno na povezivanje lipida pronađenih na keramičkim posudama sa pojedinačnim biljnim i životinjskim vrstama: identifikovana je slačica, maslinovo ulje, puter i druge namirnice. Na primercima keramike sa neolitskog lokaliteta Mihelsberg, Rotlander je identifikovao mleko i goveđe salo, kao i riblje masti sa lokaliteta oko jezera Konstanca. U istraživanjima keramike koja pripada gvozdenodopskoj gradini Heuenburg (Nemačka), utvrđeno je da su neke rimske amfore sadržavale maslinovo ulje i vino, dok su druge sadržavale pšenično brašno (citirano prema: Renfrew, C., Bahn, P. 1991:262).

Do 1999. identificirano je preko 130 vrsta biljne i životinjske hrane, a sastav njihovih masnih kiselina utvrđen je gasnom hromatografijom (Malainey, M.E., Przybylski, R., Sherriff, B.L. 1999: 96). Identificirano je nekoliko osnovnih grupa namirnica: meso velikih herbivora, mast velikih sisara, riba, korenje, zeleni delovi biljaka i bobice/semenske/koštunjavi plodovi. Biljke sadrže daleko niže koncentracije lipida od životinja, tako da će životinjske masti uvek dominirati u uzorcima koji potiču sa posuda u kojima su pripremane obe vrste hrane (Copley, M. S. et al. 2005b: 529).

Jedno od novijih istraživanja baziralo se na analizi lipida sa neolitskog lokaliteta Makrijalos u Grčkoj (Urem-Kotsou, D. et al. *in press*). Rezultati su pokazali prisustvo masti životinjskog, ali i biljnog porekla (lisnato povrće). Na uzorku iz Makrijalosa analizirani su i uzorci sa spoljnih zidova posuda, sa ciljem da se utvrdi vrsta korišćenog goriva. Utvrđeno je da se radi o borovini, ali su se kao gorivo koristile i grane sa lišćem. Ovim je pokazano da analize lipida ne daju podatke samo o navikama vezanim za pripremu hrane, već i o prirodnom okruženju. Jedan od važnih rezultata je i činjenica da uzorci sa dna posuda nisu dali rezultate, dok su najbolje rezultate dali fragmenti oboda i gornjih delova posude. Na uzorcima iz Makrijalosa potvrđeno je i prisustvo brezine smole. Smola je imala dve funkcije: da zapečati pukotine i da, u vidu premaza na unutrašnjim zidovima smanji poroznost (Urem-Kotsou, D. et al. 2002b).

Prisustvo brezine smole identificirano je i na drugim praistorijskim lokalitetima. U periodu gvozdene doba u Francuskoj, brezina smola se pored funkcije premaza koristi u procesu izrade neke vrste lepka, mešanjem sa pčelinjim voskom (Regert, M. et al. 2003).

Posebno je značajno i to što se hemijskim analizama mogu identifikovati lipidi koji potiču od mleka i mlečnih proizvoda. Značaj ovih istraživanja ogleda se ne samo u činjenici da je potvrđena proizvodnja ovih namirnica, već i u tome što se može rekonstruisati i njihov značaj u praistorijskoj ekonomiji. Prisustvo lipida koji potiču od mleka i mlečnih proizvoda, međutim, ne mora da ukazuje na njihovu široku upotrebu, jer je poznat običaj da se ponekad mleko ili puter nanose na unutrašnje zidove pre upotrebe da bi se zatvorile pore (Copley, M. S. et al 2005a: 486). Takođe, da bi se potvrdila široka upotreba ovih namirnica, potrebno je imati i rezultate arheozoološke analize: velika količina kostiju koje pripadaju odaslim ženka i mladuncima i sa druge strane mala količina kostiju odraslih mužjaka ukazivaće na proizvodnju mleka (Copley, M. S. et al. 2005b). Analize lipida u vezi sa preradom mleka izvršene su, za sada, samo na arheološkom materijalu sa prostora Velike Britanije i Švajcarske. Analiza lipida sa šest neolitskih lokaliteta u južnoj Engleskoj pokazala je visok procenat lipida mlečnog porekla (oko 50% uzoraka na kojima je bilo organskih ostataka) (e.g.). Na uzorku posuda iz perioda kasnog neolita Švajcarske, lipidi mlečnog porekla potvrđeni su u nešto manjem broju (Spangenberg, J. E., Jacomet, S., Schibler, J. 2006).

2. načini razlaganja lipida na temperaturama za kuvanje i u postdepozicionim okruženju.

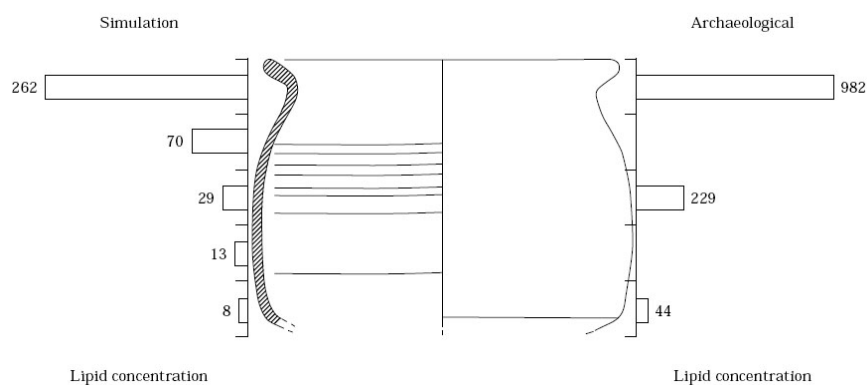
Jedna od prvih analiza za predmet je imala praistorijsku keramiku iz Teksasa, a najznačajniji rezultati bili su tehnika ekstrakcije i metod karakterizacije masnih kiselina (Skibo, J. M. 1992: 84). Takođe, utvrđeno je da su masne kiseline podložne razgradnji, kako u toku kuvanja, tako i u postdepozicionim uslovima. Zato je preporučeno da se uzorci za analizu uzimaju na oko 1 mm od površine, da bi se izbegla mogućnost uzimanja kontaminiranog uzorka.

Iako su lipidi u većem broju slučajeva postojani, u izvesnim uslovima (hidroliza i oksidacija) može doći i do razlaganja, kako za vreme kuvanja, tako i u zavisnosti od vrste postdepozicionog okruženja i vremenskog intervala koji je prošao od trenutka deponovanja. Putem eksperimenta ispitivani su načini razlaganja svake od pomenutih vrsta hrane. U kopijama praistorijskih lonaca bez tretmana površina posle pečenja, kuvana je svaka od pomenutih vrsta hrane i zatim bila izložena različitim periodima razlaganja (npr. 30 dana na temperaturi od 75°C, što je simuliralo dugoročno razlaganje). Na kraju su dobijene vrednosti upoređene sa vrednostima iste hrane koja nije termički obrađena. Rezultati su pokazali da se sastav masnih kiselina dramatično menja u uslovima toplotnog i oksidacionog razlaganja. Utvrđena pravila razlaganja masnih kiselina su iskorišćena da bi se utvrdio metod za identifikovanje uzoraka ostataka masnih kiselina na arheološkoj keramici. Rezultati dobijeni analizom praistorijske keramike (ukupno 201 fragmenta) iz Kanade (Late Precontact Period) pokazali su sedam glavnih kategorija hrane, a na najvećem broju posuda utvrđeno je da je u njima kuvano meso velikih herbivora bez drugih namirnica (Malainey, M.E., Przybylski, R., Sherriff, B.L. 1999).

Rezultati ipak pokazuju da količine sastojaka lipida ostaju konstantne i posle dugog perioda razlaganja. U toku kuvanja, dolazi do smanjenja broja masnih kiselina, koncentracija zasićenih kiselina raste, a nezasićenih opada (Malainey, M.E., Przybylski, R., Sherriff, B.L. 1999). Istraživanja J. Erkensa, međutim, pokazuju da to ne mora biti slučaj (Eerkens, J. W. 2005). On zato preporučuje da se izvrši poređenje različitih vrsta lipida iz istog konteksta, jer nezasićene masti oksidiraju brže od zasićenih.

3. eksperimentalna istraživanja usmerena na utvrđivanje distribucije lipida na zidovima posuda.

Jedan od značajnih eksperimenata bio je sproveden sa ciljem da se utvrdi da li način akumulacije lipida, odnosno njihove distribucije u poroznim zidovima može da bude indikator funkcije, tj. da se utvrdi odnos između oblika posude, sadržaja i načina upotrebe. U kopijama posuda kujan je kupus, a zatim su uzeti uzorci sa različitih delova posude. Metodama GC i GC/MS su zatim analizirane njihove koncentracije. Rezultati su pokazali da je koncentracija lipida najveća na gornjim delovima posude i da proporcionalno opada ka dnu (slika 2). Ovo je potvrđeno i analizom arheološke keramike (Charters, S. et al. 1997).



**slika 2: distribucija lipida na zidovima posude (prema: Charters, S. et al. 1997)**

4. istraživanja sprovedena sa ciljem da se utvrdi (ne)postojanje veze između forme posuda i vrste hrane koja je u njima pripremana ili čuvana.

Značajan rezultat istraživanja koje je sproveo J. Erkens je i taj što je utvrdio da različite forme posuda služe za pripremu različitih vrsta hrane: posude otvorenijih profila za pripremu biljne, dok one S- profilacije za pripremu mesa (Eerkens, J. W. 2005). Rezultati analiza uzoraka neolitskog Makrijalosa takođe su pokazali da se za kuvanje koriste posude različitih oblika i faktura (Urem-Kotsou, D. et al.). Autori pretpostavljaju da se ovde radi o različitim vrstama hrane i tehnikama kuvanja. Kada su u pitanju rezultati analiza sprovedenih na uzorcima praistorijske keramike južne

Engleske, nije utvrđeno postojanje pravilnosti po kojoj su posude određenih oblika služile za pripremu određenih vrsta hrane (Copley, M. S. et al. 2005a,b).

### *Analitičke tehnike*

U analizi lipida na arheološkom materijalu najvažniju primenu imaju dve analitičke metode. Gasna hromatografija (GC) je tehnika kojom se smeša jedinjenja razdvaja u koloni gasnog hromatografa. Uzorak, koji se pre analize pretvara u gasno stanje, pušta se u kolonu gasnog hromatografa. U hromatografu se složene smeše lipida razlažu na pojedinačne sastojke, a rezultat se dobija u vidu grafika, tzv. hromatograma, na kome je svaka komponenta okarakterisana jednim pikom. Interpretacija rezultata vrši se poređenjem sa referentnom zbirkom hromatograma poznatih jedinjenja. Bazu za identifikaciju pikova predstavlja retenciono vreme, tj. vreme zadržavanja svake pojedine komponente u koloni hromatografa.

Masenom spektrometrijom (MS) ispitivani uzorak se jonizuje, a obrazovani joni razdvajaju dejstvom magnetnog polja i registruju prema svojoj masi. Maseni spektar dobijen na masenom spektrometru ucrtava se na paprinoj traci pisača i sastoji se od niza pikova, od kojih svaki odgovara određenoj masi jona. Osnovna funkcija masenog spektrometra sastoji se, dakle, u obrazovanju pozitivno naelektrisanih gasovitih jona iz uzorka, njihovom razdvajanju prema masi i registrovanju vrste i količine prisutnih jona.

Kombinacija GC-MS smatra se najmoćnijim sredstvom savremene analitičke hemije. GC i MS idealno se dopunjuju: prvi ima izvanrednu sposobnost razdvajanja komponenata u smeši, dok drugi omogućava identifikaciju svake komponente ponaosob. Povezivanjem ova dva instrumenta u jedinstveni sistem, maseni spektrometar, u stvari, služi kao detektor gasnog hromatografa. Pošto je svaka

komponenta okarakterisana u gasnom hromatogramu, izlazni gasovi iz gasnog hromatografa uvode se u maseni spektrometar. Tako se svaka komponenta identifikuje na osnovu njenog masenog spektra (Mišović, J., Ast, T. 1994: 123-157).

Analiza stabilnih izotopa je takođe analitička tehnika koja se primenjuje u istraživanjima režima ishrane. Analiza se bazira na činjenici da se biljke mogu podeliti na različite grupe na osnovu različitih količina izotopa ugljenika i azota. Među biljnim vrstama se, na osnovu azotovih izotopa, mogu se izdvojiti dve grupe: mahunarke, koje primaju azot iz atmosfere, dok ostale biljke primaju azot iz zemlje. Meso životinja ima male količine izotopa, koji vode poreklo od biljaka koje su životinje koristile u ishrani (Morton, J. D., Schwarz, H. P. 2004: 503).

Ovu metodu su na keramičkom materijalu sa prostora peruanskih Anda prvi put primenili Hastorf i DeNiro (citirano prema: Renfrew, C., Bahn, P. 1991:241). Sa obzirom na to da uzorci prikupljeni flotacijom nisu bili pogodni za analizu, oni su ispitali uzorak sastrugan sa unutrašnjih zidova posuda i utvrdili da se radi o raznim vrstama krtolastog povrća, najviše krompiru.

Analize stabilnih izotopa primenjuju se na ugljenisanim ostacima hrane koji su ostali "zalepljeni" na zidovima posuda. Kako su pokazali Morton i Švarc, najčešće se nalaze na gornjim delovima posuda, obodu, vratu i ramenu.

Mana analize stabilnih izotopa ogleda se u tome što se ugljenisane organske materije mogu pojaviti samo na onim posudama koje su imale funkciju pripreme hrane termičkom obradom.

Kombinovanom tehnikom GC-C-IRMS dobijaju se količine stabilnih izotopa ugljenika ( $C^{12}$  i  $C^{13}$ ), vodonika, azota i kiseonika. Ova tehnika pokazala veoma korisnom u ispitivanjima lipida apsorbovanih u zidovima posuda. Jedna od prvih istraživanja za predmet su imala srednjevekovne posude iz Engleske (Evershed, R. P.



et al. 1997). Ova tehnika se pokazala izuzetno korisnom u identifikaciji lipida mlečnog porekla (Copley, M. S. et al. 2005a,b).

### *Uzorkovanje*

Kada je reč o uzorkovanju, potrebno je imati u vidu više faktora:

#### 1. postdepozicioni uslovi

Sa obzirom na to da je keramika sa arheoloških lokaliteta posle deponovanja verovatno bila izložena različitim hemijskim procesima, potrebno je za uzorak uzeti primerke koji su boravili u sličnim uslovima, na primer fragmente iz otpadne jame.

#### 2. Kontaminacija uzorka

Jedan od faktora koji može negativno uticati na hemijske analize je kontaminacija. Ona može da se javi i kao posledica hemijskih reakcija u postdepozicionim uslovima, na koje se ne može uticati, ali i neadekvatnog rukovanja keramičkim fragmentima. Keramika na arheološkim iskopavanjima prolazi kroz uobičajen proces pranja, a često se pakuje u plastične kese, što može biti uzrok kontaminacije. Zato je potrebno ukloniti potencijalno kontaminiranu spoljnu površinu zidova i uzeti uzorke sa dubine od 1 do 2 mm. Poželjno je uzeti uzorke i sa spoljne i sa unutrašnje površine (Urem-Kotsou, D. et al. 2002a).

#### 3. Vidljivi ostaci

Na nekim posudama su očuvani vidljivi ostaci organskih materija i njih je relativno lako prepoznati. Na mnogim fragmentima, međutim, oni nisu vidljivi golim okom, što ne znači da će hemijske analize pokazati odsustvo organskih materija. Zato je potrebno u uzorak uvrstiti i one primerke za koje se, na osnovu drugih osobina (faktura, oblik, obrada površina), pretpostavlja da su služile u aktivnostima vezanim za pripremu ili skladištenje hrane. Treba imati u vidu i činjenicu da ne moraju sve

organske materije biti ostaci hrane, već i nekih drugih materija, npr. smola ili voskova. Kao što je ranije navedeno, organski ostaci se najbolje očuvaju na gornjim delovima posude, pa se preporučuje se da se za analize uzimaju uzorci vrata ili ramena.

Pošto je uklonjena spoljna, potencijalno kontaminirana površina, skalpelom se sastruže manja količina za uzorak. Za analize gasnom hromatografijom dovoljna je količina od nekoliko miligrama.

### **Etnoarheološka istraživanja**

Na keramici zajednice Kalinga na Filipinima, Dž. Skibo je učinio pokušaj da proveriti mogućnosti i valjanost rezultata hemijskih analiza (Skibo, J. M. 1992). Njegovo istraživanje baziralo se na sledećim polazištima:

1. bilo je važno utvrditi da li rezultati analiza pokazuju koja je namirnica poslednja pripremana u određenoj posudi, ili oni predstavljaju mešavinu svih stastojaka koji su u posudi pripremani u toku njenog upotrebnog veka. Najbolji rezultati dobijeni su sa posuda koje su korišćene za kuvanje jedne vrste namirnica, dok je kod posuda za pripremu mešane hrane bilo mnogo teže razgraničiti pojedinačne biljne i životinjske vrste.

2. provera mogućnosti kontaminacije i razgradnje uzoraka do koje dolazi u postdepozicionim uslovima. Za ovo ispitivanje korišćeni su uzorci odbačenih posuda, a rezultati su upoređeni sa rezultatima analiza posuda koje su u upotrebi. Rezultati su potvrdili da su masne kiseline podložne razgradnji i da ih je ponekad veoma teško identifikovati.

Primena hemijskih analiza u rekonstrukciji funkcija keramičkih posuda je, kako smo pokazali, važan segment u ispitivanjima keramike. Analize su pokazale da je moguće identifikovati biljne i životinjske lipide na zidovima keramičkih posuda, što je omogućilo donošenje zaključaka ne samo o funkciji posuda i režimu ishrane, već i o prirodnom okruženju. Hemijske analize, međutim, ne moraju uvek dati pouzdane podatke. Pokazano je da su neke vrste lipida, posebno masne kiseline, u izvesnim uslovima podložne razgradnji. Takođe, pokazalo se da će analizirani uzorci pokazivati mešavinu svih vrsta hrane koji su u jednoj posudi pripremani. Pored toga, analize će pokazati prisustvo lipida koji ne moraju imati veze sa pripremanom hranom, već su vezani za tehnološki proces izrade posuđa, kao što je to slučaj sa smolama ili za izradu neke druge vrste robe, kao što su, recimo, lepkovi. Teškoću u interpretaciji otežava i kontaminacija uzorka. Naime, apsorbovanje organskih materija moguće je i posle deponovanja, posebno u kontekstima bogatim organskim sadržajima, kao što su otpadne jame. U ovom slučaju, pomoć će analiza okolne zemlje, kojom se mogu identifikovati i eliminisati mogući izvori kontaminacije. Zato se, kako preporučuju neki autori, rezultati analiza materijala sa starih iskopavanja, gde ne postoje uzorci zemljišta, moraju uzeti sa rezervom (Orton, C., Tyers, P., Vince, A. 1993: 225). Poseban problem u hemijskim analizama ogleda se u činjenici da je za interpretaciju rezultata potrebno imati dovoljnu količinu publikovanog referentnog materijala.

Hemijske analize, sa druge strane, mogu da dopune i provere već postavljene pretpostavke o funkciji posuda, kao i da pomognu u razgraničavanju funkcionalnih podklasa. Kako smo videli, na različitom arheološkom materijalu je analizom lipida potvrđeno da su posude različitih oblika i fature korišćene za različite tehnike kuvanja i možda različite vrste hrane (Eerkens, J. W. 2005; Urem-Kotsou, Kotsakis,

K., Stern, B. *in press*). Analize gari sa spoljnih površina pomoćice u rekonstrukciji vrste goriva korišćenog u aktivnostima vezanim za pripremu hrane, a takođe pokazati i osobenosti prirodnog okruženja. Posebno značajne podatke u rekonstrukciji socijalne organizacije pokazali su rezultati analiza sa neolitskog Makrijalosa. Poređenjem rezultata analiza i konteksta nalaza, autori su potvrdili da su pojedine aktivnosti u pripremi hrane vezane za različite kontekste. Tako je kuvanje vezano za svaku pojedinačnu kuću, dok je pečenje (hleba) vezano za prostor van kuća, što ukazuje na zajedničku aktivnost stanovnika naselja.

Na osnovu svega navedenog, nameće se zaključak da hemijske analize moraju biti nezaobilazan segment u istraživanjima grnčarije. Sa obzirom na to da su saznanja u vezi sa ranim neolitom na našim prostorima još uvek nedovoljna, u budućim istraživanjima bi poseban akcenat trebalo staviti na analize starčevačke keramike.