

EL FOC I LA CERÀMICA

Foc, ceràmica, producte ceràmic, contenidor, propietats tèrmiques, procés de cocció, processos culinaris, vasos-form.

Xavier Clop Garcia*

La incorporación de los productos cerámicos al conjunto de manufacturas utilizadas por las comunidades prehistóricas significó un importante salto cualitativo en relación al uso del fuego. La utilización del fuego para transformar las características de determinados conjuntos de agregados minerales permitió conseguir el primer material sintético realizado por los seres humanos: la cerámica. Pero para afrontar con garantías tanto su propio proceso de fabricación como su utilización en exposición al fuego, los productos cerámicos tienen que reunir unas características determinadas que les permitan tener un comportamiento adecuado bajo esas condiciones y soportar las tensiones que se producen.

Fuego, cerámica, producto cerámico, contenedor, propiedades térmicas, proceso de cocción.

The incorporation of ceramic products into the group of manufactured items used by prehistoric communities signified an important qualitative leap in relation to the use of fire. The use of fire to transform the characteristics of certain combinations of mineral aggregates resulted in the first synthetic material manufactured by human beings: ceramic. However, in order to guarantee the manufacturing process itself and their use when exposed to fire, ceramic products need to have certain characteristics that allow them to behave suitably under such conditions and to withstand the stresses produced.

Fire, ceramic, ceramic product, container, thermal properties, firing process.

L'incorporation des produits céramiques à l'ensemble des produits manufacturés employés par les communautés préhistoriques signifia un important bond qualitatif lorsque celles-ci utilisèrent le feu. L'utilisation du feu pour la transformation des caractéristiques de certains ensembles d'agrégats minéraux permit d'obtenir le premier matériel synthétique réalisé par les êtres humains: la céramique. Cependant pour affronter, avec toutes les garanties, aussi bien leur propre processus de fabrication que leur utilisation à l'exposition au feu, les produits céramiques doivent réunir des caractéristiques déterminées leur permettant d'avoir un comportement adéquat sous ces conditions et de supporter les tensions se produisant.

Feu, céramique, produit céramique, conteneur, propriétés thermiques, processus de cuisson.

Una de les fites cabdals que ha marcat el procés de desenvolupament de l'espècie humana ha estat l'assoliment del domini del foc, és a dir, l'assoliment tant de la capacitat de produir foc en qualsevol moment com de la capacitat d'utilitzar-lo de forma controlada en la realització de processos de treball per a obtenir diferents tipus de productes amb els quals satisfer una ampla gamma de necessitats biològiques i/o socials. Del paper i de la importància que ha tingut i té el foc des del moment de la seva incorporació al bagatge tecnològic dels éssers humans en dona bona mostra el fet que encara avui sigui un recurs pràcticament indispensable per a la humanitat en la realització d'un important nombre d'activitats productives, com per exemple en el procés de transformació dels aliments que asseguren la nostra supervivència diària.

El desenvolupament de la tecnologia del foc ha estat un procés que ha durat centenars de milers d'anys. Durant aquest llarg procés, les comunitats humanes han utilitzat el foc per a cobrir necessitats bàsiques com cuinar, escalfar, il·luminar o com un element que participava, tot i que de forma molt primària, en determinats processos productius com el tractament de nuclis de sílex o l'enduriment d'estris de fusta. Amb el transcurs del temps, el major domini del foc va permetre la seva utilització en una major quantitat d'activitats productives destinades a cobrir diferents tipus de necessitats biològiques o socials. És en aquest context que es produeix l'inici de la fabricació i utilització d'artefactes elaborats amb una nova matèria primera, la ceràmica, que necessita de la participació del foc en el seu procés d'elaboració.

* Dept. Antropologia Social i Prehistòrica. Universitat Autònoma de Barcelona

L'antiguitat dels artefactes fets en ceràmica està actualment prou ben documentada. Durant les darreres etapes del plistocè i durant la transició a l'holocè, determinats grups que s'enquadren dins del modus de producció caçador-recol·lector varen produir i utilitzar figuretes antropomorfes fetes en ceràmica. Aquesta fabricació de figuretes de ceràmica ha estat documentada en diferents indrets d'Europa i d'Àsia, com ara Dolni Vestonice, Pavlov Petrkovice i Predmosti (Txèquia) entre el 28.000 i el 24.000 BP, Zazaragi (Japó) cap al 18.000 BP, i a Maina (Sibèria) cap al 15.000 BP (Vandiver 1993).

No va ser, però, fins l'aparició de noves necessitats productives que no es va produir el veritable desenvolupament de la ceràmica. De forma específica, el desenvolupament de la ceràmica està estretament associat a la possibilitat que representa d'elaborar i utilitzar contenidors que permeten realitzar de forma molt eficient tasques d'emmagatzematge, transport i transformació de diversos tipus de productes alimentaris i no alimentaris. Tal com ha mostrat l'evidència etnogràfica, els contenidors són un element indispensable en qualsevol societat que tingui importants recursos alimentaris que hagin d'ésser recollits, processats i/o emmagatzemats. Els processos de canvi tècnic més rellevants que comencen a produir-se en les comunitats postpaleolítiques molt sovint no fan referència únicament a l'aparició de noves formes d'obtenció d'aliments, sinó que també es constaten en relació a la importància que progressivament va adquirint la conservació i l'emmagatzematge de diferents tipus de productes subsistencials (Testart 1982; Vicent 1990). En aquest sentit, quan major sigui la importància qualitativa i quantitativa dels productes a recollir, emmagatzemar, transportar i transformar, major importància adquiriran els elements necessaris per a ser utilitzats com a contenidors. Un contenidor és un recipient de capacitat i formes diverses, obert o tancat, que s'utilitza com a receptacle de diferents tipus de substàncies sòlides o líquides. És molt possible, per tant, que l'adopció i el desenvolupament de la ceràmica no es produís fins que el nivell de desenvolupament de les forces productives no demanés tant haver de contenir una certa quantitat de productes com de poder tractar-los d'una determinada manera. Un cop trobada la solució de l'elaboració de contenidors fets en ceràmica, la seva eficiència per a participar en la satisfacció d'un ample ventall de necessitats de diferent tipus els ha portat a ser definitivament incorporats al conjunt d'estrís emprats per les comunitats humanes. De fet, potser cal plantejar-se si la veritable "innovació" pel que fa als productes ceràmics no va ser tant aconseguir transformar el fang en ceràmica com la disponibilitat d'un sistema per obtenir amb relativa facilitat l'àmplia varietat de contenidors que a partir d'un moment determinat són necessaris per a la realització d'un variat ventall d'activitats productives (Colomer 1996).

L'inici i extensió de l'ús de la ceràmica, i de forma més específica dels contenidors ceràmics, s'ha de situar per tant i en cada àrea concreta, en un moment o altre del llarg procés d'aparició i consolidació de les noves formes d'organització socioeconòmiques que es produeixen amb el pas del modus de producció caçador-recol·lector a l'adopció d'una economia basada en la producció de la subsistència. En el context del procés de transició i consolidació d'aquest nou modus de producció la utilització del foc es va estendre en esdevenir un element fonamental en el procés de producció de noves matèries primeres, com ara la ceràmica o més endavant el metall.

L'inici de la utilització de recipients de ceràmica es produí de forma independent en diferents zones i moments. L'evidència cronològica més antiga d'utilització de recipients ceràmics l'han proporcionada, ara com ara, les coves de Fukui (Japó), amb datacions absolutes que la situen en el XIII mil·lenni BP (no cal.) en un context de grups d'economia d'ample espectre (Akazawa, 1986). A la zona sud-sahariana i a la vall central del Nil les datacions radiocarbòniques situen l'aparició de ceràmiques en contextos de grups seminòmades de caçadors-recol·lectors amb economia d'ample espectre al voltant del X mil·lenni BP (no cal.) (Close 1995). Al Pròxim Orient, no fou fins a la segona meitat del IX mil·lenni BP (no cal.) quan es produí l'aparició de les primeres produccions ceràmiques, dos mil anys després que s'iniciessin les pràctiques agrícoles i ramaderes i que es produís el procés de plena sedentarització de les comunitats humanes (Faura 1996). Al continent americà, les datacions més antigues corresponen al jaciment de Taperinha (Brasil) a inici del VII mil·lenni BP (no cal.), en un context de grups de recol·lectors sense indicis d'activitat agrària (Hoopes 1994) mentre que a Mesoamèrica es produí a mitjan V mil·lenni BP (no cal.) en el context de la introducció del cultiu del blat de moro (Hoopes 1994). La ceràmica es pot definir, *de facto*, com una roca artificial. Els diferents tipus d'objectes que s'inclouen sota la denominació de ceràmica són en tots els casos el resultat final d'un procés que consisteix a sotmetre un agregat d'elements minerals (l'argila més la fracció detrítica o desgreixant) a una certa temperatura (procés de cocció). En cas que l'agregat de minerals no arribi a ser exposat durant un cert període de temps a un punt mínim de temperatura no tindran lloc el conjunt de reaccions físiques i químiques que són les que donen a aquest material tan particular anomenat ceràmica les característiques que el fan tan apte per a ser emprat en una ampla gamma de processos de treball.

La ceràmica ha estat el primer producte artificial realitzat pels éssers humans. La seva invenció no va ser altra cosa que una resposta específica i especialment afortunada a unes determinades necessitats biològiques i socials. En el conjunt d'elements i processos utilitzats i/o desenvolupats per les comunitats prehistò-

riques en els quals d'una forma o d'altra participa el foc, no hi ha dubte que la producció i utilització de ceràmica ocupa un lloc principal. Aquesta relació entre foc i ceràmica esdevé tant estreta pel fet que es tracta de dos elements profundament relacionats, i no solament perquè la ceràmica no existiria sense la participació del foc en el seu procés de fabricació sinó perquè la relació entre ceràmica i foc es pot perllongar a diferència del que succeeix amb d'altres productes en els quals el foc també participa en el seu procés de fabricació- en el procés d'utilització. Si bé és cert que no tots els productes ceràmics són fets per a ser utilitzats *a posteriori* en relació amb el foc, sí que una part molt important de la producció ceràmica s'ha utilitzat en processos productius en què el foc participa, com per exemple la transformació d'aliments. Aquest fet ha condicionat de forma ben particular la fabricació de productes ceràmics entre les comunitats prehistòriques.

LES PROPIETATS TÈRMiques DELS PRODUCTES CERÀMICS

Qualsevol producte ceràmic és, com ja hem dit, el resultat de sotmetre un agregat de minerals a una certa temperatura. En aquest procés, el producte ceràmic adquireix un conjunt de propietats físiques que el faran apte per a desenvolupar d'una manera o d'una altra determinades funcions. Aquestes propietats físiques es poden dividir en propietats mecàniques, propietats tèrmiques i propietats de permeabilitat. Són aquestes propietats les que condicionaran aspectes tan determinants per a l'ús específic de qualsevol producte ceràmic com la resistència mecànica, el comportament tèrmic, la porositat, la consistència, etc.

Les propietats tèrmiques fan referència al comportament que presenta un producte ceràmic davant la seva exposició a una font de calor, és a dir, determinen la seva conducta tèrmica. El comportament tèrmic constitueix un dels factors més rellevants que condicionen la fabricació i certs usos dels contenidors ceràmics, doncs són diversos els aspectes del procés de manufacturació de les ceràmiques que poden repercutir en el seu comportament tèrmic (Fig. 1). L'exposició a determinades temperatures constitueix un aspecte essencial del procés d'elaboració de qualsevol producte ceràmic i, en molts casos, es tracta d'una situació inherent al seu ús quotidià. És per això que la capacitat de resistència dels productes ceràmics davant l'exposició de forma esporàdica o habitual a temperatures més o menys elevades constitueix un dels factors principals que ha fet d'aquests productes una de les manufactures més amplament utilitzades des de la seva incorporació a l'utilitatge de les comunitats humanes des de la Prehistòria recent fins als nostres dies.

La conducta tèrmica de les ceràmiques es posa de manifest en dues situacions específiques: durant el procés de cocció de les peces i, en el cas de determinats contenidors ceràmics, durant el seu ús en processos productius que requereixen l'exposició a fonts de calor, com per exemple la transformació d'aliments, determinats processos productius metal·lúrgics, etc. Cada vegada que un contenidor ceràmic és exposat a una font de calor, els diferents elements materials que el formen pateixen un procés d'expansió/contracció provocat per l'increment de la temperatura i el posterior refredament. Aquest procés d'expansió/contracció comporta l'aparició de certes tensions i, per tant, l'existència d'un cert risc d'alteració i fins i tot de trencament del producte ceràmic. És per això que el comportament del producte ceràmic enfront de les tensions tèrmiques constitueix un element de particular rellevància que ha de ser contemplat per l'artesà/ana, tant per assegurar el resultat positiu en el procés d'elaboració com per obtenir una certa rendibilitat de la inversió de treball realitzada amb la durabilitat d'aquells contenidors que han de ser utilitzats quotidianament en processos de treball que comporten l'exposició a temperatures més o menys elevades.

Les tensions tèrmiques solen produir-se en dues circumstàncies, generalment interrelacionades. En un primer cas, les tensions tèrmiques es produeixen quan s'incrementa la temperatura del cos ceràmic des de la temperatura ambient T_0 fins a una temperatura T_1 superior. Durant aquest procés, els components cristal·lins que formen part del producte ceràmic experimenten un cert increment del volum, condicionat en cada cas per les propietats físiques específiques de cadascun d'aquests elements. La major capacitat d'expansió d'uns elements enfront dels altres pot comportar una situació de compressió, en què s'originen

Figura1. Diferents components dels productes ceràmics que tenen influència sobre el seu comportament tèrmic.

	Resistència al xoc tèrmic	Conductivitat de la calor
Argila		
Desgreixant		
Tractament superfícies		
Granulometria		
Gruix de la paret		
Cocció		

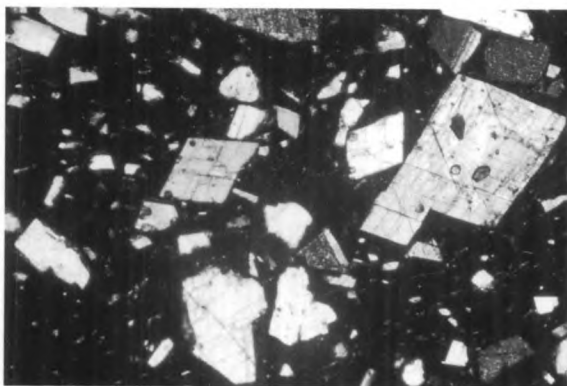


Figura 2. Làmina prima d'un fragment de ceràmica de superfícies pentinades procedent de les Guixeres de Vilobí. Cronologia: V mil·lenni cal ANE. S'aprecia l'abundant presència de calcita en forma de romboedres d'exfoliació. 25 augments. Nícols creuats. (Foto: X. Clop).

tensions que poden causar esquerdes i/o fractures de major o menor importància. La segona circumstància, normalment paral·lela a l'anterior, es produeix per la diferència en el gradient de la temperatura que es produeix entre les diferents parts del producte ceràmic, i de forma particular entre les superfícies externa i interna. Així, l'existència de diferències entre les *ratios* d'expansió dels elements que es troben en una o altra zona del producte ceràmic pot portar també a l'aparició de tensions que també poden afavorir l'aparició d'esquerdes i/o de fractures.

El comportament tèrmic, és a dir, la resposta dels productes ceràmics enfront d'aquestes possibles circumstàncies, depèn fonamentalment de dues característiques específiques: el coeficient d'expansió tèrmica i la conductivitat tèrmica.

El coeficient d'expansió tèrmica es pot definir com l'increment de volum que registra un determinat material en ser exposat a una font de calor. Qualsevol material sòlid s'expandeix amb la calor perquè, amb l'energia calòrica, el moviment de vibració dels àtoms que el constitueixen incrementa la seva amplitud, expandint la xarxa cristal·lina i creant-se, per tant, un situació de pressió que en determinades circumstàncies pot arribar a ser important. El coeficient d'expansió tèrmica està relacionat amb la temperatura. Augmenta ràpidament a baixes temperatures (període d'inici del procés) per tenir increments més graduals a temperatures altes, tot i que aquesta és una característica que varia de manera important entre els diferents minerals. Els efectes de l'expansió tèrmica són reversibles en alguns materials, mentre que en d'altres casos els canvis de volum que es produeixen són irreversibles. Un bon exemple d'aquesta darrera possibilitat i dels riscos que això pot comportar per als productes ceràmics el tenim en el cas dels carbonats. Els carbonats són un

grup de substàncies molt abundants a la natura, format per minerals com la calcita o la dolomita. És per això que sovint els podem trobar com a components dels dipòsits de terres, bé en forma de macrocristalls o bé en forma microcristal·lina en la matriu. La calcita, per exemple, es dissocia per efecte de la calor a 894 °C, encara que, sota determinades condicions, com són les que se solen registrar durant la cocció de les ceràmiques, ho poden arribar a fer a partir d'uns 700 °C (Perinet/Courtois, 1983). La calcita, quan es dissocia, es transforma en $\text{CaO} + \text{CO}_2$. El CO_2 desapareix i el CaO recristal·litza en forma microcristal·lina. En el decurs d'aquesta cristal·lització es produeix la destrucció de totes les microestructures característiques de la calcita i un important augment del volum per la pèrdua del CO_2 . Quan els grans de calcita tenen una certa dimensió, l'augment de volum que registren durant el procés de recristal·lització genera unes tensions que comporten un risc molt important d'aparició de fractures en els productes ceràmics i fins i tot que aquests arribin a trencar-se. Paradoxalment, la utilització de calcita triturada com a desgreixant afegit voluntàriament pels/les artesans/anes, que de fet es pot considerar per les raons esmentades com una anomalia tecnològica (Echallier 1984), va ésser una pràctica habitual durant la Prehistòria Recent, per exemple -i entre d'altres zones- al nord-est de la Península Ibèrica (Clop 2000; Clop/Álvarez 1998) i al llevant peninsular (Gallart 1980) (Fig. 2).

La conductivitat tèrmica es pot definir com el grau de facilitat que té la calor per passar a través d'una determinada substància. La transmissió de la calor a través d'un cos sòlid homogeni es produeix de forma homogènia, mentre que si en aquest cos hi ha elements de diferent volum i composició, porus, etc., la transmissió de les ones de calor es veurà entorpidida i, per tant, la capacitat de transmissió de la calor serà menor. La conductivitat tèrmica constitueix un factor de particular rellevància pel que fa a la capacitat de resistència a les tensions tèrmiques. Els productes ceràmics no són bons conductors. Transmeten la calor de forma lenta, fet que afavoreix el desenvolupament de forts gradients tèrmics i, per tant, l'aparició de tensions tèrmiques. Una alta conductivitat tèrmica incrementa la resistència enfront les tensions tèrmiques i, per tant, les característiques que afavoreixen l'increment de la conductivitat contribuiran a disminuir les tensions tèrmiques. Els principals elements amb què compta l'artesà/ana i que pot manipular a la seva voluntat per a millorar les condicions de conductivitat tèrmica són la porositat i la mida de les partícules minerals, elements que afecten directament les característiques de la microestructura del contenidor. Així, una alta porositat i unes partícules minerals de mida reduïda afavoriran la conductivitat tèrmica i, per tant, contribuiran a prevenir les conseqüències de les tensions tèrmiques. Una alta conductivitat tèrmica és desitjable no sols en

condicions en què augmenta la temperatura, sinó també per reduir les tensions que es produeixen, per exemple, durant el refredament postcocció.

En general, es pot considerar que els productes ceràmics, i de forma particular aquells que tenen diverses fases cristal·lines, són mals conductors, i que la transmissió de la calor es produeix d'una manera lenta. Un cas oposat seria el dels metalls, que són uns excel·lents conductors tèrmics. En tot cas, una mala conductivitat comporta una alta resistència tèrmica, per la qual cosa els productes ceràmics són uns bons aïllants tèrmics.

Les propietats d'expansió i de conductivitat tèrmiques de cada producte ceràmic condicionen el seu comportament, i per tant l'aparició o no de tensions tèrmiques, en ser sotmesos al procés de cocció i, quan és el cas, durant el seu ús en exposició a una font de calor. Les tensions tèrmiques es presenten perquè els components de la matèria primera amb què s'ha elaborat el producte ceràmic no s'expandeixen o es contrauen de la mateixa manera que ho fan a temperatura ambient, pel grau d'heterogeneïtat d'aquest component o per les diferències que existeixen en els seus gradients tèrmics. Tots aquests fenòmens poden causar alteracions més o menys importants en el producte ceràmic a causa de l'anomenat xoc tèrmic.

El xoc tèrmic és la tensió extrema causada per un canvi sobtat i sever de temperatura, pel qual una de les superfícies arriba a un nivell de temperatura molt superior a la temperatura que té l'altra superfície. Això comporta unes tensions internes que ocasionen la fractura del producte ceràmic. El xoc tèrmic és el resultat de les tensions que es desenvolupen a causa dels diferents gradients de temperatura que es registren en el cos ceràmic i de les diferències en l'expansió tèrmica dels seus components. Quan aquestes tensions excedeixen la resistència del cos ceràmic, aquest es trenca. En la pràctica, el terme de xoc tèrmic s'utilitza per a fer referència al canvi màxim de temperatura que pot patir una ceràmica sense trencar-se o afeblir-se.

La capacitat de resistència d'una ceràmica enfront les tensions tèrmiques -és a dir, la resistència que presenta un determinat producte ceràmic a afeblir-se o a fracturar-se quan es produeixen situacions propícies a produir tensions o xocs tèrmics- constitueix, per tant, una important propietat per assegurar la seva viabilitat i utilització quotidiana. Per a suportar adequadament les tensions causades pel xoc tèrmic existeixen, teòricament, dues possibilitats:

- elaborar productes ceràmics en els quals l'aparició de fractures es redueixi en presentar una alta resistència a les tensions, una alta conductivitat tèrmica, una baixa capacitat d'elasticitat i un baix coeficient d'expansió tèrmica;
- reduir la propensió a la propagació de les fractures a partir de presentar un alt coeficient d'elasticitat, una baixa resistència i la presència d'irregularitats (porus) en la microestructura.

De totes maneres i de forma general, la diversitat de variables que intervenen en la composició d'un determinat producte ceràmic fa molt difícil de precisar quina és la composició més adequada per a prevenir i/o resistir l'inici i la propagació de fractures sota condicions de tensions tèrmiques (Rice 1987).

En alguns casos, les tensions tèrmiques provoquen la fractura del contenidor sense que hi hagi cap situació de pujada sobtada de la temperatura o cap situació de xoc tèrmic. L'explicació per a aquest fenomen és que en molts productes ceràmics sol produir-se una acumulació de la fatiga tèrmica causada per la repetició en el temps de situacions que provoquen un determinat grau de tensió tèrmica. També en el cas que hi hagi un procés de refredament massa ràpid poden produir-se tensions tèrmiques que portin a l'aparició de fractures. Finalment, també existeix la possibilitat que l'expansió que pateix el quars -element present en la major part de les terres emprades en l'elaboració de productes ceràmics durant la Prehistòria al nord-est de la Península Ibèrica- en ser exposat a temperatures que se situen entre els 400 i els 600 °C pugui causar tensions que poden arribar a provocar el trencament del producte ceràmic.

EL FOC I LA FABRICACIÓ DELS PRODUCTES CERÀMICS

Les propietats mecàniques, tèrmiques i de permeabilitat dels productes ceràmics són factors intrínsecs al propi producte, per la qual cosa hem de suposar que els/les artesans/anes triarien en cada moment i per experiència empírica aquelles terres que presentessin condicions més favorables per aconseguir productes ceràmics eficients. Però també hi ha característiques que tenen un paper fonamental a l'hora de definir les propietats mecàniques, tèrmiques i de permeabilitat dels productes ceràmics i que són manipulades durant el procés d'elaboració del contenidor ceràmic i que, per tant, depenen en darrera instància de la decisió i capacitat de l'artesà/ana en funció de les seves necessitats. Aquesta manipulació s'ha de realitzar actuant sobre la matèria primera utilitzada per elaborar el producte ceràmic en diferents moments del seu procés de manufacturació. En particular, la intervenció d'un o altre mètode en el procés de preparació de les terres, la recerca d'una certa porositat o d'un cert gruix, el tractament de les superfícies, la realització del procés de cocció d'una forma o d'una altra, etc., constitueixen formes de manipulació de la matèria primera que permeten aconseguir finalment un producte amb un determinat comportament en relació a l'ús al qual està destinat, és a dir, que reuneixi un determinat conjunt de propietats mecàniques, tèrmiques i de permeabilitat.

No tots els aspectes de qualsevol producte ceràmic tenen la mateixa importància a l'hora de condicionar les seves propietats mecàniques, tèrmiques i de permeabilitat. De manera específica, el comportament tèrmic i la capacitat de resistència enfront les tensions tèrmiques dels productes ceràmics estan condicionats de forma directa per factors com la plasticitat del material, el seu coeficient d'expansió, les característiques de la microestructura, la forma i la mida del contenidor, etc. Així, per exemple, i pel que fa a aquest darrer factor, els contenidors ceràmics que tenen carenes més o menys pronunciades presenten problemes en ser exposats de forma reiterada a una font de calor, ja que les zones on hi ha les carenes constitueixen punts febles a l'hora de resistir les tensions produïdes per l'escalfament i el refredament del material. En aquest sentit, els vasos carenats no són els més adients per a ser utilitzats com a vasos de cuina.

Tots els productes ceràmics, però, presenten per definició una certa aptitud en el seu comportament tèrmic i la seva capacitat de resistència enfront a determinades tensions tèrmiques, ja que el pas per un cert grau de temperatura durant un cert període temps és un requisit imprescindible per obtenir ceràmica. Aquest procés, que forma part de la manufactura de qualsevol producte ceràmic, és el procés de cocció. L'objectiu d'aquest procés és aconseguir transformar mitjançant la calor un determinat conjunt de minerals en un material nou de característiques diferents respecte a la matèria original. Mitjançant la calor es produeixen un seguit de processos físics i químics que fan que un material plàstic i amb una forma determinada es transformi en un nou material que conserva la seva forma però que ara es caracteritzarà, precisament, per la seva rigidesa i resistència (Párraga 1996). Les característiques específiques que tingui el procés de cocció repercutiran no tan sols en l'assoliment correcte d'aquest nou material, sinó que a més a més condicionaran de forma fonamental les propietats tèrmiques que tindrà el producte ceràmic durant la seva futura utilització. Les

característiques particulars del procés de cocció dependran, en cada cas, d'elements ben diversos que formen part tant del material a coure com de les condicions específiques en què es desenvolupa el procés de cocció (Fig. 3).

El procés de cocció de qualsevol producte ceràmic està format per tres fases fonamentals: l'escalfament, la cocció i el refredament.

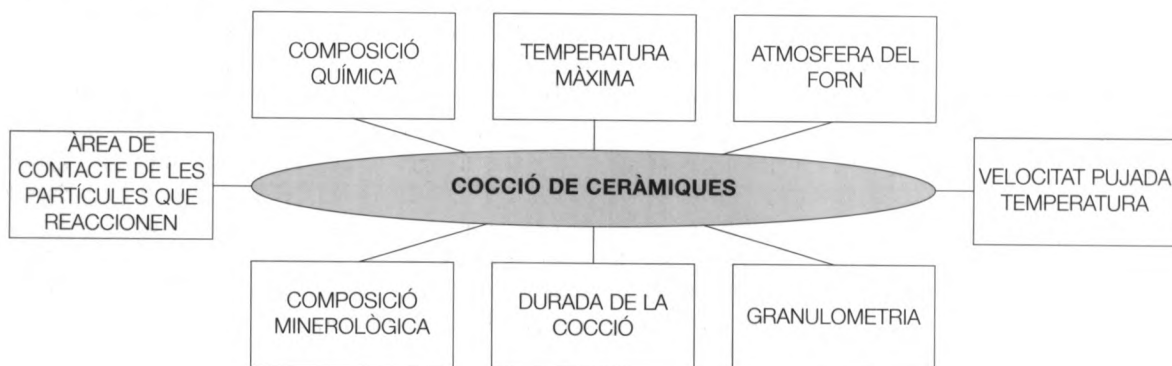
La fase d'escalfament correspon, de fet, a la darrera fase de l'assecatge del producte ceràmic. Amb l'escalfament es busca completar l'eliminació de la humitat que encara hi pugui haver. Tot i que pugui semblar que les ceràmiques estan ben seques quan es vol iniciar la seva cocció, la realitat és que encara contenen una considerable proporció d'aigua combinada químicament, que no desapareix fins que el producte no és sotmès a temperatures de l'ordre dels 400-500 °C. La fase d'escalfament és de gran importància, i s'ha de realitzar de forma molt lenta i progressiva. Molts dels defectes que solen presentar força vasos tenen el seu origen en una realització deficient d'aquesta fase. Quan s'escalfa l'argila, l'aigua que conté surt a la superfície en forma de vapor d'aigua. Si l'augment de temperatura és molt bruscat, el vapor d'aigua genera una gran pressió a l'interior de l'argila per poder sortir, pressió que pot ser suficientment important com per arribar a produir l'esclat, literalment, del producte ceràmic.

Quan s'utilitzen estructures de combustió a l'aire lliure, l'escalfament sol fer-se o bé apropant les ceràmiques a un foc abans de coure-les o bé coincidint amb la primera fase d'augment de la temperatura en el mateix procés de cocció. Quan s'utilitzen forns, sol aprofitar-se el procés d'escalfament de l'estructura, que també ha de ser lent i progressiu (Sempere 1992) (Figs. 4, 5 i 6).

El procés d'escalfament no pot ser idèntic per a tots els productes ceràmics, sinó que haurà d'adaptar-se a les especificitats de cada cas. Així, haurà de ser particularment lent en productes de parets gruixudes, ja que

62

Figura 3. Elements que intervenen i afecten el procés de cocció dels productes ceràmics.



el vapor d'aigua ha de recórrer més distància abans no acosegueix sortir a la superfície. Amb les terres de textura més fina s'haurà de tenir més cura que amb les terres de textura més oberta, ja que les partícules més fines constitueixen un obstacle més gran per a la circulació del vapor. El mateix succeeix amb els contenidors tancats o de gran volum (Colbeck 1989; Hamilton 1989; Párraga 1996; Schütz 1992; Sempere 1992). Un cop acabada la fase d'escalfament es passa a la fase de cocció pròpiament dita. Mentre no es realitza la cocció, les terres recuperen el seu volum i la seva plasticitat si se'ls afegeix aigua. Amb la cocció, però, s'elimina l'aigua estructural, procés que aquest cop és irreversible.

Cada combinació específica de terres (tipus d'argila més tipus de desgreixant) té un procés de cocció particular, sovint condicionat no únicament per les característiques de la matèria primera sinó també per les característiques específiques de l'estructura de combustió, el tipus de combustible utilitzat, la mida i la quantitat dels productes ceràmics, l'època de l'any, la direcció i força del vent... Tot i això, de forma general es pot considerar que el procés de cocció té les següents fases (Clop 1994; Párraga 1996) (Figs. 5 i 6):

a) l'inici de l'escalfament permet eliminar l'aigua higroscòpica (fixada mecànicament), procés que té lloc entre els 30 °C i els 120 °C aproximadament. A partir d'aquesta temperatura comença a eliminar-se l'aigua absorbida electrostàticament per les partícules col·loïdals de l'argila;

b) entre 300-600 °C s'elimina la matèria orgànica amb formació de CO₂ i comença la dissociació de sulfurs. En cas que no s'eliminin aquestes substàncies, mitjançant una atmòsfera oxidant, a temperatures més elevades es transformaran en grafit i donaran un color negre al conjunt;

c) entre 450-600 °C es produeix l'eliminació de l'aigua estructural (procés de deshidroxilació o deshidratació), que en cada tipus d'argila es dona a una determinada temperatura però que generalment finalitza entre els 600-650 °C. És en arribar a aquesta fase que els canvis són irreversibles i que, per tant, es pot parlar amb propietat de ceràmica;

d) al voltant dels 800 °C es produeix la descomposició del carbonat càlcic, que sol començar vers els 400 °C i que dura fins que s'assoleixen els 900-1.000 °C; e) les reaccions de formació dels compostos (fèrrics, silicats...) s'inicien cap als 700 °C. A mesura que la temperatura va augmentant aquestes reaccions s'intensifiquen i comença la cimentació dels grans. En depassar els 1.000 °C comença a formar-se la matriu vidriosa. Prop dels 1.000 °C continua la reacció dels silicats amb la formació de noves fases minerals, pròpies de cada nivell de temperatura. Es produeix la fusió dels feldspats, que obturen els porus de la ceràmica i eliminen la seva porositat.



Figura 4. Seqüència de cocció experimental en fossa: a, vasos dipositats a l'interior de la fossa abans de la seva cocció; b, l'estructura durant el procés de cocció; c, alguns dels vasos un cop cuits (Fotos: X. Clop).

Les transformacions per efectes de la cocció que hem descrit de manera esquemàtica afecten el conjunt d'elements que componen la ceràmica i de manera particular cadascun d'ells. Així succeeix, per exemple, amb el quars. El quars és un mineral gairebé inalterable des del punt de vista químic i relativament estable des del punt de vista físic. Malgrat això, a la pressió atmosfèrica ordinària i amb l'augment de la temperatura ambient que es produeix durant el procés de cocció, el quars pateix diverses transformacions que es tradueixen en fenòmens de dilatació o de retracció. A 573 °C, el quars

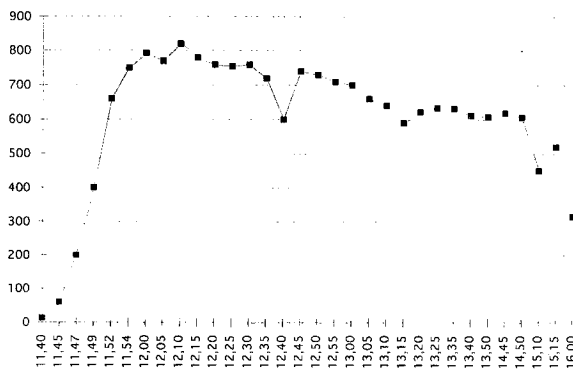


Figura 5. Diagrama de temperatures d'una cocció experimental en fossa similar a la de la fig. 4 (activitat experimental organitzada pel Museu de Gavà i l'Escola de Ceràmica de Gavà realitzada l'abril de 1996).

alfa es transforma en quars *beta* i la seva dilatació s'accelera fins arribar als 600 °C, en què es produeix un lleugera retracció seguida d'una estabilització abans d'arribar a passar a l'estat de tridimita. Aquestes reaccions són reversibles, de tal manera que amb el procés de refredament el quars recobra aproximadament el seu volum original, deixant sovint un petit buit al seu voltant. El refredament ha de ser progressiu, sobretot en el moment d'arribar als 573 °C. Si no es fa així, el quars tindrà una certa tendència a trencar-se, i s'observarà la presència de petits fragments de quars amb fractures concoidals (Rice 1987).

Un cop el procés de cocció assoleix la temperatura màxima (que pot variar en cada cas) s'inicia el procés de refredament: deixa de subministrar-se i consumir-se combustible i, per tant, la temperatura comença a disminuir. El refredament també s'ha de fer de forma suficientment gradual, ja que les tensions que poden produir-se entre les diferents parts del cos ceràmic per les diferències de temperatura que poden donar-se entre les unes i les altres comporta un risc important de fracturació. En general, sembla que hi ha un cert acord que el refredament pot ser més o menys ràpid fins arribar als 750 °C. Entre aquesta temperatura i els 500 °C és quan solen produir-se les tensions més importants en la major part de tipus d'argiles. En el cas que es tracti de pastes poroses, aquesta forquilla sol ser més estreta, entre els 650-500 °C. Al voltant dels 250 °C també sol ser un moment delicat, perquè el producte ceràmic pateix un darrer encongiment, generalment al voltant d'un 3 % del volum de la peça, que pot causar tensions mecàniques molt importants.

Els canvis que es produeixen durant el procés de cocció en les produccions ceràmiques es deuen a les temperatures que s'assoleixen, però també a d'altres factors com ara el temps que dura la cocció i l'ambient en què aquesta es desenvolupa. Cal assenyalar que, tal

com ja ha estat comentat (p. e. Echallier 1984), entre els arqueòlegs hi ha una certa "fixació" per determinar la temperatura màxima de cocció assolida i inferir, a partir d'aquí, el grau de desenvolupament tecnològic de la comunitat productora d'aquelles ceràmiques. Aquest plantejament, però, respon a un fals problema, perquè la temperatura màxima assolida no està correlacionada directament amb el grau de desenvolupament tecnològic. Se sap que la perllongació del temps de cocció, a partir d'una certa temperatura, té el mateix efecte que l'assoliment d'una temperatura més elevada, fenomen particularment evident en coccions fetes a partir dels 950 °C - 1.000 °C. A més a més, la presència de certs elements (magnesi, sodi, potassi, ferro...) permet abaixar el punt de fusió dels silicats. Això fa que la temperatura màxima que es pot obtenir amb una cocció no sigui un indicador fiable del grau de domini tecnològic de l'artesà. Aquest s'ha de determinar a partir d'altres paràmetres, com la capacitat d'elecció de les terres, la forma de treballar-les i la forma de dominar la cocció per tal d'obtenir el producte buscat. La determinació de la temperatura de cocció serà una dada que adquirirà rellevància en funció que es posi en relació amb altres dades. Molt sovint és possible, pel tipus d'anàlisi que s'efectuen, inferir entre altres elements la temperatura de cocció. I és una dada que s'ha de tenir en compte i s'ha d'utilitzar. Però sempre tenint clar que, com a dada aïllada, té una escassa significació arqueològica.

Un aspecte prou rellevant, conseqüència directa de la relació entre ceràmica i foc, és l'ambient en què es produeix la cuita dels productes ceràmics i el temps que dura la cocció.

Hi ha tres tipus possibles d'ambients o atmosferes de cocció: oxidant, neutra i reductora. L'atmosfera reductora està formada per gas capaç de cedir àtoms d'oxigen (per exemple l'aire) a aquells cossos que el poden rebre (per exemple el ferro). L'atmosfera neutra està formada per gas, com per exemple el gas neó, que ni cedeix ni pren àtoms d'oxigen del seu entorn. L'atmosfera reductora està formada per un gas (per exemple l'hidrogen o l'òxid de carboni) capaç de prendre àtoms d'oxigen d'aquells cossos que en poden cedir (Echallier 1984). En la pràctica, els sistemes de cocció tradicionals només són capaços de produir dos tipus d'atmosferes: l'oxidant i la reductora. En una estructura de combustió tradicional emprada per a coure productes ceràmics, l'atmosfera en el decurs d'una cocció podrà ser oxidant o reductora durant tot el procés, encara que sovint el que succeeix és que l'atmosfera variarà segon les fases de la cocció. Així, en una estructura de combustió tradicional que utilitzi llenya com a combustible, la cocció sol ser reductora durant la pujada de la temperatura (fase en la qual es crema la fusta i es produeix anhídrid carbònic) i oxidant durant el refredament, quan ja no s'hi afegeix més llenya i pot produir-se una certa entrada d'oxigen. Al contrari del que s'ha sostingut

sovint, la llenya verda no és la que facilita les coccions més reductores, ja que el fum que produeix és sobretot ric en aigua (que és oxidant). La llenya seca, en canvi, produeix molt anhídrid carbònic i poc vapor d'aigua.

Els intercanvis d'oxigen, que en condicions normals es produeixen a una velocitat lenta, es veuen considerablement accelerats per la calor que es desprèn durant el procés de cocció. Per sota d'un determinat punt de temperatura aquests intercanvis s'aturen o s'alenteixen molt. El límit per sota del qual s'aturen els processos de reoxidació es pot situar al voltant dels 350 °C (Echallier 1984). Aquesta constatació és important ja que ens permet comprendre certs fenòmens, com per exemple la presència de "cors negres". L'explicació d'aquests "cors negres" és que la pasta, saturada en carbó durant el decurs de la cocció, no ha sofert un procés total de reoxidació en el moment en què s'ultrapassa, durant el refredament, el llindar dels 350 °C. Com que els intercanvis, en un sentit o en un altre, es fan a partir de la interrelació pasta-aire és lògic que en aquest cas sigui el cor de la pasta el que quedi carregat de carbó. Al contrari, en el cas dels productes ceràmics que presenten les parts més externes reduïdes i les parts més internes oxidants cal pensar que han estat cuits en una atmosfera oxidant fins que, a les darreries de la cocció i durant un breu període de temps, es produeix una atmosfera reductora que es perllonga fins que s'atura el procés de cocció.

Aquest procés, però, no és tan senzill. Perquè els intercanvis puguin tenir lloc cal que la pasta sigui permeable i sobretot que la seva superfície resti així durant tot el procés de cocció, refredament inclòs, ja que és en aquest moment quan tenen lloc els fenòmens més importants. En cas contrari, és a dir, en el cas que les pastes siguin tancades, la superfície pot perdre de manera brutal la seva permeabilitat en refredar-se. A partir d'aquest moment ja no es pot produir cap pèrdua del carbó que hi ha a la pasta. Com que aquest fenomen pot ser molt sobtat, la franja perifèrica reoxidada (sovint poc gruixuda) mostra una clara separació respecte al "cor negre", i té un gruix més o menys constant.

La impregnació de carbó en la pasta té un efecte d'estancament als líquids que ha estat amplament utilitzat en el decurs de la història. Les pastes negres no han de ser considerades, per tant, com un índex indubtable de pobresa tecnològica sinó que, al contrari, demostren un domini conscient d'una tècnica simple i eficaç (Echallier 1984).

El procés de cocció és una forma molt eficient de controlar alguns aspectes relacionats amb el grau de consistència i de resistència que presentarà el producte final. En general, la consistència de les terres cuites sol incrementar-se de forma directa amb la temperatura de cocció assolida. La consistència també es veu afectada per l'atmosfera de cocció: productes ceràmics sotmesos durant un llarg període de temps a una atmosfera reductora (o d'oxidació molt limitada) són més consistents. L'explicació és que l'atmosfera de cocció influeix de forma molt important en el punt de fusió de la pasta. En atmosfera reductora el punt de fusió es redueix notablement, cosa que facilita no sols la cocció sinó també el tancament de certes pastes a temperatures relativament baixes. La conseqüència és que augmenta la consistència i la resistència del producte obtingut.

De forma general, una cocció llarga afavoreix l'adequada consecució de les diferents característiques que se cerquen en un producte ceràmic de manera més eficient que una cocció a temperatures més elevades. En conseqüència, un producte ceràmic realitzat amb un procés de cocció "primitiu" pot estar tan ben cuit i ser tan eficient com un producte ceràmic cuit amb una tecnologia més sofisticada.

EL FOC I L'ÚS DE LA CERÀMICA

Els productes ceràmics s'utilitzen en una gran varietat de funcions¹ relacionades amb necessitats molt diverses. En general, la major part d'artefactes ceràmics elaborats i utilitzats en les comunitats prehistòriques del Vell Món foren vasos utilitzats com a contenidors (funció) en diferents processos de treball (usos) relacionats amb el transport, emmagatzematge i processament de materials i d'energia. En tant que contenidors, els vasos ceràmics són instruments de treball que aconseguen cobrir de forma molt eficient diferents aspectes que els fan més aptes per a la realització de determinats processos de treball que d'altres tipus de contenidors realitzats amb d'altres matèries primeres. Així, la utilització de contenidors ceràmics aconseguen una alta eficiència en prevenir la possible entrada de substàncies no desitjades des de l'exterior, impedeixen la pèrdua dels materials continguts a l'interior, permeten un alt grau d'efectivitat per poder manipular (emmagatzemar, transportar, escalfar o refrescar) els seus continguts controlant la seva estabilitat física i química, tenen

1.- En els darrers anys s'ha proposat diferenciar clarament els conceptes de "funció" i "d'ús" per a les ceràmiques (Henrickson, 1990; Rice, 1990 i 1996). La "funció" defineix de forma genèrica el paper, activitat o capacitat d'un producte ceràmic. Així, per exemple, els productes ceràmics poden tenir la funció de contenidors (per emmagatzemar, transportar o procesar), de materials constructius (p. e. maons), d'ornamentació, ... L'ús, en canvi, fa referència a la manera específica en que s'utilitza un producte ceràmic concret per a satisfer algun propòsit o necessitat determinada (cuinar, emmagatzemar líquids o sòlids, il·luminar, ...).

una gran capacitat per resistir la fatiga física relacionada amb el seu ús reiterat, sense trencar-se abans d'un període de temps prou raonable com per poder fer rendible la seva producció i utilització, etc. (Braun 1983).

Un aspecte particularment rellevant dels contenidors ceràmics és la capacitat i l'eficiència que presenten en ser utilitzats en aquells processos de treball que requereixen de la utilització del foc per a la seva realització, com per exemple processos de transformació dels aliments mitjançant la seva cocció o la producció metal·lúrgica. L'aptitud per a participar en aquesta mena de processos ha fet que els contenidors ceràmics hagin estat durant molt de temps els únics materials que permetien la realització de determinats processos de treball. A mesura que han anat apareixent nous materials i noves possibilitats de realitzar de forma eficient aquests processos de treball l'ús de la ceràmica pot haver disminuït però en cap cas no ha desaparegut, ja que presenta un balanç molt favorable a l'hora d'avaluar la relació entre cost de producció i eficiència, fins al punt que encara avui segueix essent utilitzada en molts d'aquests usos.

L'eficiència de determinats productes ceràmics per a ser utilitzats en processos de treball que requereixen la seva exposició reiterada a una font de calor ve donada per les característiques que presenta un conjunt d'elements que, en darrera instància, són seleccionats i/o determinats per l'artesà/ana. La presència o l'absència de determinats desgreixants, el gruix de les parets del vas, els acabats, l'ambient en què es produeix la cocció, etc., influeixen de forma decisiva en el comportament i en el grau d'eficàcia de la ceràmica en ser exposada posteriorment a una font de calor. Conèixer aquestes característiques ens indica el caràcter de les activitats desenvolupades en els jaciments prehistòrics que tenen restes ceràmiques i, més enllà, ens permet conèixer el grau de desenvolupament tecnològic en relació als processos de treballs desenvolupats en la producció de ceràmica per part d'aquelles comunitats.

En la bibliografia, els contenidors utilitzats per al processament de productes alimenticis solen anomenar-se "vasos de cuina" o "ceràmica d'ús culinari". Atesa la particularitat de la seva funció, en estreta relació amb el foc, són vasos que han de tenir unes característiques ben particulars:

1- capacitat de resistència al xoc tèrmic que es produeix en passar-los de forma gairebé instantània de la temperatura ambient a una temperatura de centenars de graus en ser exposats a una font de calor. Una adequada resistència al xoc tèrmic permet poder repetir amb el mateix contenidor les operacions de cuinar i/o escalfar una gran quantitat de vegades sense que es produeixin fractures;

2- control de l'eficiència en la transferència de la calor, ja que ha d'arribar de forma adequada i prou ràpida per realitzar la transformació dels aliments de

forma eficient i amb la menor despesa de combustible possible;

3- capacitat de controlar l'evaporació del contingut que provoca la seva escalfor. Això s'aconsegueix sobretot a partir de determinades característiques morfològiques del vas;

4- accessibilitat dels continguts, per facilitar la seva manipulació i per tant una millor cocció del producte alimentari.

El factor més determinant en relació a la capacitat de resistència davant les possibles tensions tèrmiques a les quals pot estar sotmès un contenidor ceràmic és la seva composició i, de forma particular, la presència de desgreixants naturals o afegits que tinguin un coeficient d'expansió tèrmica baix o, almenys, similar o menor al de l'argila (Bronitsky/Hamer 1986). És evident que posseir una bona capacitat de resistència a les tensions tèrmiques és especialment important en el cas dels contenidors ceràmics utilitzats per cuinar amb foc. Alguns dels desgreixants especialment aptes en aquest sentit són la xamota, la calcita, la palla, el zirconi, el rutil, el feldspat, l'augita, l'hornblenda o el talc.

En general, els desgreixants de mida petita solen presentar més resistència tèrmica i menys conductivitat que els desgreixants de mida gran, per la qual cosa alenteixen la transferència de la calor a través del cos ceràmic i afavoreixen el control en la pujada del gradient tèrmic. El desgreixant de mida petita (menor o igual a 0,5 mm) també és més resistent al xoc tèrmic que el desgreixant gruixut (més d'1 mm) (Bronitsky/Hamer 1986).

Un bon exemple del paper que ha jugat la selecció i utilització de terres amb desgreixant de major o menor mida l'ha proporcionat un estudi realitzat per D. P. Braun sobre la ceràmica de Woodland (sud-oest dels EUA) (Braun 1983). En aquest estudi s'evidencia un procés diacrònic per part d'aquelles comunitats tendent a la utilització de desgreixants de mida més petita, per sota d'1 mm. L'explicació a aquest fet s'ha estructurat entorn a la hipòtesi de l'aparició de la necessitat de disposar de contenidors ceràmics més aptes per fer front a les tensions tèrmiques. Aquesta necessitat hauria estat produïda per un conjunt de canvis en les pautes alimentàries que, a partir d'un cert moment, passà a fonamentar-se majoritàriament en la transformació d'aliments transformats mitjançant un o altre sistema de cocció i, potser i de forma molt particular, mitjançant bullits. En aquesta mateixa explicació s'encabiria una altre procés registrat de forma paral·lela en els productes ceràmics de la cultura Woodland, com és el de presentar unes parets progressivament més primes.

La utilització de contenidors ceràmics en els processos culinàris va representar una veritable revolució pel que fa a les possibilitats alimentàries de les comunitats prehistòriques. La utilització dels contenidors ceràmics en els processos de producció culinària va permetre, entre d'altres coses, (Colomer 1996):

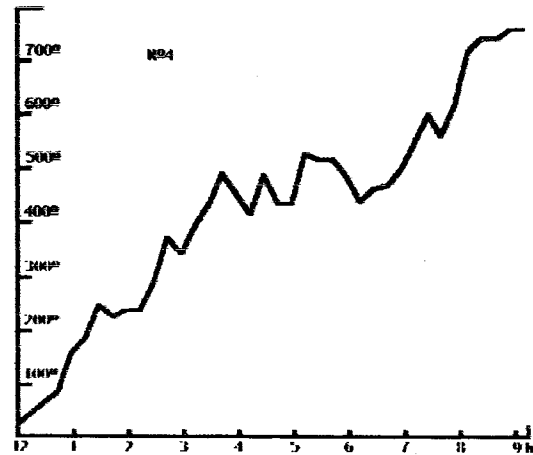
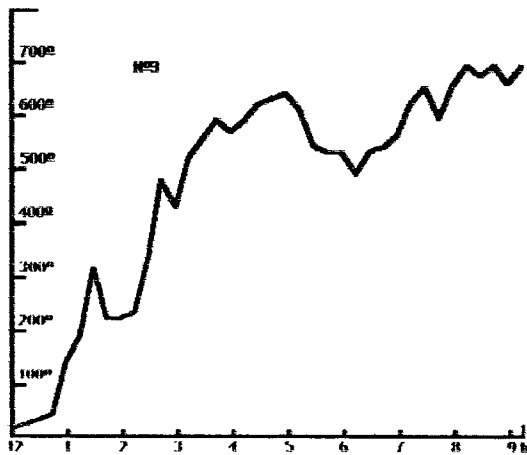
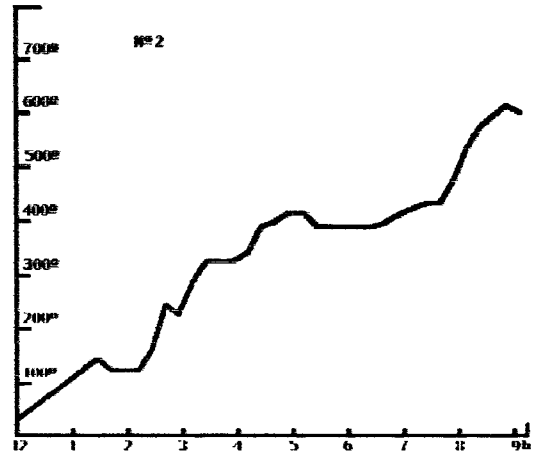
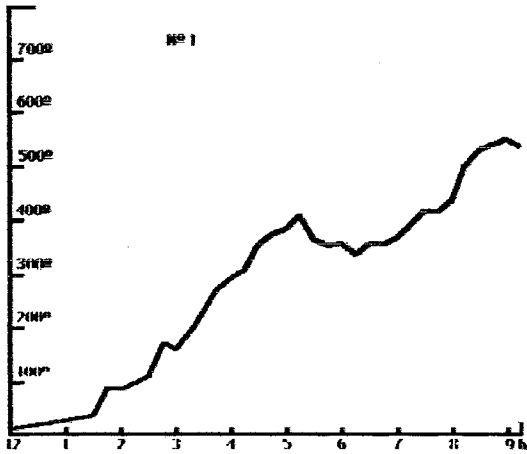
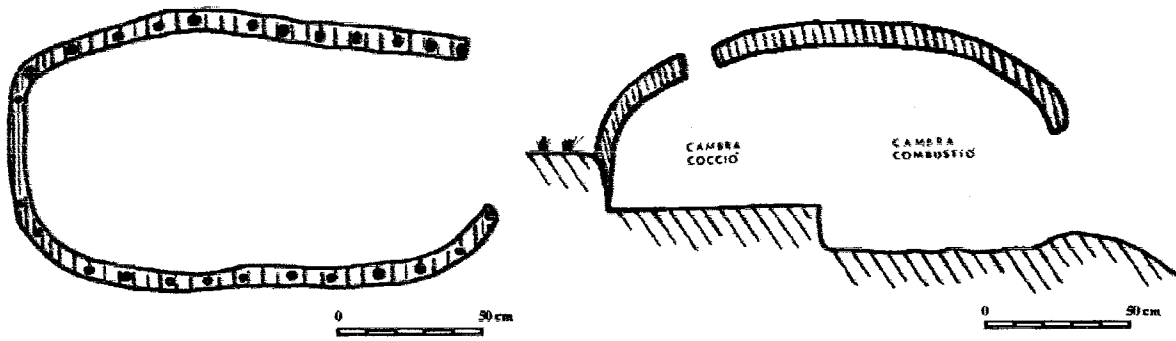


Figura 6. Planta i secció transversal d'un forn experimental de tipus "Hasseris" (200 aC, Dinamarca). Diagrames de temperatures corresponents als quatre termoconductors situats dintre del forn (segons Cruells 1989).

1- la cocció dels aliments, que produeix un canvi químic en la seva composició que fa que siguin més fàcilment digeribles i que, alhora, tinguin un gust més agradable per al paladar humà;
 2- la possibilitat de coure aliments a 100 °C durant un temps apropiat, convertint d'aquesta manera en comestibles plantes com la civada, l'ordi, el blat, el sorgo, el pèsol, les faves, les llenties, l'arròs, les patates, etc.,

que crues són, tot i que en graus diferents, tòxiques per als éssers humans. Per neutralitzar les toxines d'aquestes plantes, és a dir, convertir aquests aliments en productes comestibles, cal bullir-los entre 20 i 60 minuts a uns 100 °C de temperatura;
 3- la cocció dels aliments també permet eliminar les toxines que en forma de fongs apareixen a causa del possible segellat deficient dels contenidors;

4- la possibilitat de coure va permetre la realització d'in-fusions de plantes i la preparació de beuratges, ampliant l'espectre de possibles remeis per a certes malalties i afeccions;

5- el bullit d'aliments va permetre la provisió d'aliments "tous", la qual cosa va permetre alimentar millor els infants, fins i tot abans del deslletament, i les persones grans.

Amb anterioritat a l'aparició de la ceràmica eren els fornejats i els rostits, bé posats directament sobre la brasa o per l'intermediari d'una graella o "brochette", els procediments emprats en la cocció de les matèries animals o vegetals. La utilització de la ceràmica va comportar que el bullit passés a ser el procediment bàsic d'elaboració per a una gran quantitat d'aliments vegetals i animals. Cal remarcar de forma particular la importància que va tenir la utilització de contenidors ceràmics en l'aprofitament culinari dels cereals, plantes que permeten una conservació òptima i l'obtenció d'una bona part dels nutrients necessaris per a l'alimentació humana quan són sotmeses a un adequat procés de transformació (Molist 1997).

Cap procés culinari que necessiti bullir els aliments no pot realitzar-se sense el recurs d'un contenidor que previngui l'abocament del líquid contingut i que, al mateix temps, en faciliti l'escalfament. És cert que existeix una àmplia documentació etnogràfica i arqueològica de societats on es transformen calòricament els aliments sense necessitar de recórrer a contenidors ceràmics. Així, per exemple, està documentat l'ús de contenidors de fusta en comunitats índies d'Amèrica del Nord (Driver/Massey 1957), de tiges de bambú en certes comunitats del sud-est asiàtic (Skeat/Blagden 1966) o la possibilitat d'utilitzar una variada vaixela feta a partir d'elements vegetals o animals (Pollock 1992). Des de l'arqueologia experimental s'ha suggerit que els mètodes de processament de determinats tipus d'aliments varen poder realitzar-se amb recipients de pedra, calç o pell, on l'aigua s'escalfaria mitjançant la introducció de pedres calentes (p.e. Kingery/Vandiver/Prickett 1988). L'efectivitat de l'ús de pedres calentes dins de contenidors orgànics o lítics per al processament d'aliments no pot equiparar-se, però, amb l'efectivitat que presenta l'ús de contenidors ceràmics. Si bé és cert que és possible arribar a obtenir el punt d'ebullició de l'aigua, és pràcticament impossible de mantenir-lo el temps suficient perquè sigui un sistema eficaç de transformació d'aliments.

Els contenidors ceràmics utilitzats en el processament d'aliments conjuguen fonamentalment tres aspectes essencials, com són el control de l'eficiència de la transferència de calor, el control de la possible pèrdua de calor per l'evaporació i l'accessibilitat al contingut (Juhl 1995).

Aconseguir una major efectivitat en la transferència de la calor en determinats productes ceràmics pot acon-

seguir-se amb el recurs a elements que poden ser fàcilment controlats per l'artesà/ana, com per exemple la reducció del gruix de les parets dels contenidors (Braun 1983) o la utilització de desgreixant mineral (Kingery 1960 citat a Skibo/Schiffer/Reid 1989). La importància que pot arribar a tenir l'efectivitat en la capacitat de transferència de la calor queda reflectida, per exemple, a partir de la constatació que en diferents àrees del món la documentació arqueològica ha permès documentar la substitució del desgreixant orgànic que es troba arreu en les primeres produccions ceràmiques per la utilització exclusiva del desgreixant mineral o per la introducció de l'ús de la xamota. Per explicar aquest fet, s'ha proposat (Braun 1983) que s'ha de relacionar amb la introducció de canvis en la dieta que comporten la necessitat d'utilitzar contenidors ceràmics en els processos de transformació dels aliments mitjançant el foc que siguin més eficients pel que fa a la seva capacitat de transferència de la calor, tal com Braun assenyala en el cas ja citat de les comunitats del Woodland antic i mitjà de l'est dels Estats Units d'Amèrica.

La utilització de la ceràmica va permetre ampliar el ventall de possibilitats en relació al processament d'aliments. En aquest sentit la utilització de contenidors ceràmics permet (Juhl 1995):

- el processament d'aliments a curt termini: a) quan no importa el factor temps; correspon al menjar diari, que es consumeix de forma immediata; b) quan el temps de processament és un factor moderadament important, com succeeix per exemple amb l'escabets;

- el processament d'aliments a llarg termini, en què el temps és un factor vital, com succeeix amb els processos de fermentació;

- el procesament d'aliments en què el contacte directe amb el foc és indispensable i requereix, per tant, d'un necessari control de la temperatura. És el cas de bullits, guisats, fregits i coccions al forn;

- el procesament d'aliments sense contacte directe amb el foc: a) quan no cal controlar la temperatura, ja que es tracta d'un procés mecànic, com succeeix amb les barreges, els picats/trinxats i les mòltes; b) quan el control de temperatura és necessari, com succeeix amb diversos processos d'emmagatzematge i fermentació.

A partir del III mil·lenni cal. ANE, i de forma particular en el nord-est de la Península Ibèrica, es constata la participació de contenidors ceràmics en d'altres processos productius relacionats amb la utilització del foc, com serien per exemple els anomenats vasos-forn, que van ser utilitzats en els processos de treball de les primeres produccions metàl·liques realitzades en aquesta zona tal com ha estat posat de manifest a partir dels treballs arqueològics realitzats els darrers anys a la Bauma del Serrat del Pont (Montagut, la Garrotxa) (Alcalde/Molist/Saña/Toledo 1997). Els vasos-forn són generalment vasos de formes obertes a l'interior dels quals es dipositaria carbó vegetal i fragments de

mineral de petites dimensions. La combustió d'aquests elements, que podia ser estimulada insuflant aire mitjançant l'ús de toveres (que també podien ser de ceràmica; vegeu p. e. Alcalde/Molist/Saña/Toledo 1997) permetria aconseguir gotes i petits fragments de mineral de coure. Un cop realitzada aquesta primera etapa de la fundició, la recuperació del contingut del vas-forn demanaria, necessàriament, el seu trencament. Es tracta per tant de contenidors que en la seva darrera funció només podien ser utilitzats un cop. En l'estat actual dels nostres coneixements no podem precisar encara si es

tracta de contenidors ceràmics fets a propòsit per a realitzar aquests processos de treball o si es tracta de contenidors elaborats originalment per a d'altres usos i que, finalment, són utilitzats i amortitzats amb la seva utilització en el procés de producció de metall.

La utilització de vasos-forn equipara el nord-est peninsular amb d'altres zones on ja s'havien identificat elements similars, com és el cas de El Ventorro (Madrid), Son Matge (Mallorca) (Rovira/Montero 1994), El Acebuchal (Sevilla) (Harrison/Bubner/ Hibbs 1976), Los Millares, Almizaraque, etc. (Montero 1994).

BIBLIOGRAFIA

- AKAZAWA, T. 1986, Hunter-gatherer adaptations on the transition to food production in Japan, in Zvelebil, M. (ed.), *Hunters in Transition*, Cambridge University Press, 1ª ed., Cambridge, 151-165.
- ALCALDE, G., MOLIST, M., SAÑA, M., TOLEDO, A. 1997, *Procés d'ocupació de la Bauma del Serrat del Pont (La Garrotxa) entre el 2900 i el 1450 Cal AC*, Publicacions Eventuals d'Arqueologia de La Garrotxa 2, Olot.
- ANFRUNS, J., LLOBET, E. (eds.) 1990, *El canvi cultural a la prehistòria*, Ed. Columna, 1ª ed., Barcelona.
- BLASCO, C. (ed.) 1994, *El horizonte campaniforme de la región de Madrid en el centenario de Ciempozuelos*, Patrimonio Arqueológico del Bajo Manzanares 2, Universidad Autónoma de Madrid, 1ª ed., Madrid.
- BRAUN, D. P. 1983, Pots as tools, in Moore, J. A., Keene, A. S. (eds.), *Archaeological hammers and theories*, Academic Press, 1º ed., New York, 107-134.
- BRONITSKY, G., HAMER, R. 1986, Experiments in ceramic technology: The effects of various tempering materials on impact and thermal-shock resistance, *American Antiquity* 51, 1, 89-101.
- CLOP, X. 1994, *Aprovisionament i tecnologia d'elaboració de les matèries primeres ceràmiques durant la transició del Iller al llon mil.lenni B. C. a la Catalunya central*, Treball de Recerca de Tercer Cicle, Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra, inèdit.
- CLOP, X. 2000, *Matèria primera i producció de ceràmiques. La gestió dels recursos minerals per a la manufacturació de ceràmiques del 3500 al 1800 cal ANE al nord-est de la Península Ibèrica*, Tesi Doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra, inèdita.
- CLOP, X., ALVAREZ, A. 1998, Materia prima y producción de cerámicas durante el Vº milenio cal ANE en el noreste de la Península Ibèrica, *Rubricatum* 2, *Actes de la 2ª Reunión de Treball sobre Aprovisionament de Recursos Lítics a la Prehistòria*, Museu de Gavà, Gavà, 123-128.
- CLOSE, A. E. 1995, Few and far between. Early ceramics in North Africa, in Hoopes, J. W., Barnett, W. K. (eds.), *Emergence of Pottery. Technology and innovation in ancient societies*, Smithsonian Institution Press, 1º ed., Washington - Londres, 23-37.
- COLBECK, J. 1989, *Materiales para el ceramista*, Ediciones CEAC, 1ª ed., Barcelona.
- COLOMER, L. 1996, Contenidors ceràmics i processament d'aliments a la prehistòria, *Cota Zero* 12, Vic, 47-60.
- CRUELLES, W. 1989, Construcció i experimentació d'un forn ceràmic de tipologia antiga, *Butlletí Informatiu de Ceràmica* 41, pàgs. 38-41.
- DRIVER, H. E., MASSEY, W. C. 1957, Comparative studies of North American Indians, *Transactions of the American Philosophical Society* 47 (2), 165-456.
- ECHALLIER, J.-C. 1984, *Elements de technologie et d'analyse des terres cuites archéologiques*, Documents d'Archéologie Méridionale, Methodes et Techniques, 3, 1ª ed., Lambesc.
- FAURA, J.-M. 1996, *Un conjunt ceràmic del VIII mil.lenni B. P. a la vall de l'Eufrates: les produccions de Tell Halula (Síria)*, Treball de Recerca de Tercer Cicle, Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra, inèdit.
- GALLART, M. D. 1980, La tecnología de la cerámica neolítica valenciana. Metodología y resultados del estudio ceramológico por medio de microscopía binocular, difracción de rayos X y microscopía electrónica, *Saguntum* 15, 57-91.
- HAMILTON, D. 1989, *Alfarería y Cerámica*, Ediciones CEAC, 1ª ed., Barcelona.
- HARRISON, R. J., BUBNER, T., HIBBS, V. A. 1976, The beaker pottery from El Acebuchal, Carmona (prov. Sevilla), *Madrid Mitteilungen* 17, 79-141.
- HENRICKSON, E. F. 1990, Investigating ancient ceramic form and use: Progress report and case study, in Kingery, W. D. (ed.), *The changing Roles of Ceramics in Society: 26.000 B.P. to the Present*, American Ceramic Society, Westerville, 83-117.
- HOOPES, J. W. 1994, Ford revisited: a critical review of the chronology and relationships of the earliest ceramic complexes in the New World, 6000-1500 BC, *Journal of World Prehistory* 8 (1), 1-49.
- HOOPES, J. W., BARNETT, W. K. (eds.) 1995, *Emergence of Pottery. Technology and innovation in ancient*

- societies, Smithsonian Institution Press, 1^o ed., Washington - Londres.
- JUHL, K. 1995, *The Relation between Vessel Form and Vessel Function. A Methodological Study*, AmS-Skrifter 14, Arkeologisk museum i Stavanger, 1^o ed., Stavanger.
- KINGERY, W. D. (ed.) 1990, *The changing Roles of Ceramics in Society: 26.000 B.P. to the Present*, American Ceramic Society, Westerville.
- KINGERY, W. D., VANDIVER, P. B., PRICKETT, M. 1988, The beginnings of pyrotechnology, part II: production and use of lime and gypsum plaster in the prepottery Neolithic Near East, *Journal of Field Archaeology* 15, 219-224.
- MOLIST, M. 1997, Producció de subsistència. Alimentació i nutrició a les èpoques neolítiques i primeres edats dels metalls a Catalunya, catàleg de l'exposició *Seure a taula? Una història del menjar a la Mediterrània*, Barcelona, 11-13.
- MONTERO, I. 1994, *El origen de la metalurgia en el sureste peninsular*, Instituto de Estudios Almerienses, 1^a ed., Granada.
- MOORE, J. A., KEENE, A. S. (eds.) 1983, *Archaeological hammers and theories*, Academic Press, 1^o ed., New York.
- PÀRRAGA, M. 1996, *Producció ceràmica y Arqueología*, Treball d'Investigació de Tercer Cicle, Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra, inèdit.
- PERINET, G., COURTOIS, L. 1983, Evaluation des températures de cuisson de céramiques et de vaisselles blanches néolithiques de Syrie, *Bulletin de la Société de Préhistoire Française* 80, 5, 157-160.
- POLLOCK, N. J. 1992, *These Roots Remain. Food habits in Islands of the Central and Eastern Pacific since Western Contact*, University of Hawaii Press, Honolulu.
- RICE, P. M. 1987, *Pottery Analysis. A sourcebook*, The University Chicago Press, 1^o ed.
- RICE, P. M. 1990, Functions and uses of archaeological ceramics, in Kingery, W. D. (ed.), *The changing Roles of Ceramics in Society: 26.000 B.P. to the Present*, American Ceramic Society, Westerville.
- RICE, P. M. 1996, Recent Ceramic Analysis: 1. Function, Style and Origins, *Journal of Archaeological Research*, vol 4, 2, 133-163.
- ROVIRA, S., MONTERO, I. 1994, Metalurgia campaniforme i de la edad del bronce en la Comunidad de Madrid, in Blasco, C. (ed.), *El horizonte campaniforme de la región de Madrid en el centenario de Ciempozuelos*, Patrimonio Arqueológico del Bajo Manzanares 2, Universidad Autónoma de Madrid, 1^a ed., Madrid, 131-171.
- SCHÜTZ, I. 1992, Sistemas tradicionales de cocción cerámica en el norte de África, *Tecnología de la cocción cerámica desde la antigüedad a nuestros días*, Asociación de Ceramología, 1^a ed., Alacant, 185-237.
- SEMPERE, E. 1992, Catalogación de los hornos de España y Portugal, *Tecnología de la cocción cerámica desde la antigüedad a nuestros días*, Asociación de Ceramología, 1^a ed., Alacant.
- SKEAT, W., BLAGDEN, P. 1966, *Pagan Races of the Malay Peninsula*, Frank Cass and Co., vol I, Londres.
- SKIBO, J. M., SCHIFFER, M. B., REID, K. C. 1989, Organic-tempered pottery: an experimental study, *American Antiquity* 54 (1), 122-146.
- TESTART, A. 1982, The significance of food storage among hunter-gatherers: residence patterns, population densities and social inequalities, *Current Anthropology* 23, 523-537.
- VANDIVER, P. 1993, Technologies d'une civilisation naissante: figurines, pigments et poterie, *Terre Cuite et Société. La céramique, document technique, économique, culturel. XIVe Rencontres Internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes*, Resumés, CNRS-CRA, Antibes.
- VICENT, J. M. 1990, El neolític: transformacions socials i econòmiques, in Anfruns, J., Llobet, E. (eds.), *El canvi cultural a la prehistòria*, Ed. Columna, 1^a ed., Barcelona, 241-294.
- ZVELEBIL, M. (ed.) 1986, *Hunters in Transition*, Cambridge University Press, 1^a ed., Cambridge.