

**UNIVERSITATEA DE MEDICINĂ ȘI FARMACIE  
“VICTOR BABEȘ” DIN TIMISOARA  
FACULTATEA DE MEDICINĂ DENTARĂ  
Departamentul I**

**TODOR RALUCA**



# **TEZĂ DE DOCTORAT**

**EVALUAREA CERAMICII DENTARE ÎN DIFERITE CONDIȚII  
TERMICE**

**R E Z U M A T**

**Conducător de doctorat:**

**PROF. UNIV. DR. NEGRUȚIU MEDA-LAVINIA**

**Timișoara**

**2024**

# R E Z U M A T

## CUPRINS

<b>LISTA LUCRĂRILOR ȘTIINȚIFICE PUBLICATE</b>	<b>VI</b>
<b>LISTA ABREVIERILOR ȘI SIMBOLURILOR</b>	<b>VII</b>
<b>LISTA FIGURILOR</b>	<b>VIII</b>
<b>DEDICAȚIE</b>	<b>XII</b>
<b>MULȚUMIRI</b>	<b>XIII</b>
<b>INTRODUCERE</b>	<b>1</b>
Motivația alegerii temei de cercetare	1
Importanța și actualitatea temei	1
Relevanța temei în context internațional, național și local	2
Obiectivele științifice abordate în cercetarea doctorală	2
Prezentare generală a conținutului tezei	2
Comentarii sintetice asupra metodologiei de cercetare și a principalelor rezultate	3
<b>PARTEA GENERALĂ</b>	<b>4</b>
<b>CAPITOLUL 1. ISTORIA CERAMICII DENTARE</b>	<b>5</b>
1.1. Tehnologia CAD/CAM	12
1.2. Restaurări monolitice din zirconia	18
1.3. Restaurări metalo-ceramice	19
<b>CAPITOLUL 2. TIPURI DE CERAMICI UTILIZATE ÎN PROTETICĂ</b>	<b>21</b>
<b>CAPITOLUL 3. ANALIZA NON-INVAZIVĂ A CERAMICII</b>	<b>23</b>
<b>CAPITOLUL 4. VIITORUL CERAMICII ȘI IMPLICAȚIILE ÎN PROTEZAREA DENTARĂ</b>	<b>27</b>
<b>PARTEA SPECIALĂ</b>	<b>28</b>

<b>CAPITOLUL 5. INVESTIGAREA VARIAȚIEI TEMPERATURII DE ARDERE ÎN CUPTOARE PENTRU PROTEZE DENTARE METALO-CERAMICE UTILIZÂND TOMOGRAFIA OPTICĂ ÎN COERENȚĂ</b>	<b>31</b>
5.1. Introducere	31
5.2. Materiale și metode	32
5.3. Rezultate	35
5.4. Discuții	37
5.5. Concluzii	40
<b>CAPITOLUL 6. EVALUAREA CERAMICII DENTARE SINTERIZATE LA DIFERITE TEMPERATURI</b>	<b>41</b>
6.1. Introducere	41
6.2. Materiale și metode	43
6.3. Rezultate	49
6.4. Discuții	54
6.5. Concluzii	56
<b>CAPITOLUL 7. EVALUĂRI IMAGISTICE ALE CERAMICILOR UNICA ÎN CONDIȚII DE CONTROL AL CICLURILOR TERMICE</b>	<b>57</b>
7.1. Introducere	57
7.2. Materiale și metode	59
7.2.1. Fabricarea restaurărilor metalo-ceramice	59
7.2.2. Scanarea probelor cu OCT	62
7.3. Rezultate	63
7.4. Discuții	67
7.5. Concluzii	68
<b>CAPITOLUL 8. INFLUENȚA TEHNOLOGIILOR DE PROCESARE A METALELOR ASUPRA INTERFEȚEI METALO-CERAMICE</b>	<b>69</b>

<b>8.1. Introducere</b>	<b>69</b>
<b>8.2. Materiale și metode</b>	<b>71</b>
<b>8.3. Rezultate</b>	<b>74</b>
<b>8.4. Discuții</b>	<b>77</b>
<b>8.5. Concluzii</b>	<b>80</b>
<b>CAPITOLUL 9. PAȘII TEHNICI PENTRU CREAREA UNEI RESTAURĂRI METALO-CERAMICE UTILIZÂND CERAMICA IPS INLINE</b>	<b>81</b>
<b>9.1. Introducere</b>	<b>81</b>
<b>9.2. Materiale și metode</b>	<b>83</b>
<b>9.2.1. Scanarea probelor cu OCT</b>	<b>85</b>
<b>9.3. Rezultate</b>	<b>85</b>
<b>9.5. Discuții</b>	<b>89</b>
<b>9.6. Concluzii</b>	<b>90</b>
<b>CONCLUZII GENERALE</b>	<b>91</b>
<b>BIBLIOGRAFIE</b>	<b>94</b>
<b>ARTICOLE PUBLICATE IN EXTENSO</b>	<b>111</b>

Unul dintre principalele provocări în realizarea restaurărilor protetice, în special a celor metalo-ceramice, este menținerea integrității și calității materialelor ceramice în condiții termice variabile. Defecte precum fisurile și ciobirea, care pot compromite atât funcționalitatea, cât și estetica restaurărilor dentare, apar adesea din cauza unor probleme precum decalibrarea cuptoarelor. De-a lungul timpului, de obicei doi până la trei ani, temperatura afișată în aceste cuptoare poate devia de la temperatura internă reală, necesitând ajustări. Tehnicienii dentari experimentați se bazează frecvent pe evaluări subiective ale translučenței și texturii probelor de ceramice pentru a ajusta temperaturile cuptoarelor, un proces care este în mod inherent vizual și subiectiv.

Alegerea temei de cercetare, „Evaluarea ceramicii dentare în diferite condiții termice,” este motivată de nevoia de a îmbunătăți calitatea și durabilitatea protezelor dentare metal-ceramice. Ceramica dentară este foarte apreciată pentru proprietățile sale estetice și mecanice superioare; cu toate acestea, fragilitatea lor inerentă și sensibilitatea la variațiile termice pot duce la fracturi și eșecuri clinice. Acest studiu își propune să exploreze metode inovatoare de monitorizare și control al temperaturilor în timpul procesului de sinterizare pentru a optimiza performanța și longevitatea restaurărilor metalo-ceramice.

Importanța acestui subiect este subliniată de progresele recente în tehnologiile de imagistică și cererea crescândă de restaurări dentare durabile și estetice. Utilizarea Tomografiei Optice cu Coerență în monitorizarea non-invazivă a procesului de sinterizare oferă o oportunitate unică de a îmbunătăți calitatea ceramicii dentare. Această cercetare este relevantă atât la nivel național, cât și internațional, aliniindu-se eforturilor globale de avansare a științei materialelor dentare și de îmbunătățire a rezultatelor clinice. Obiectivele acestei cercetări includ dezvoltarea unei metode non-invazive de monitorizare a temperaturii folosind OCT, evaluarea impactului variațiilor de temperatură asupra ceramicii dentare și optimizarea condițiilor de sinterizare pentru a minimiza defectele. Această cercetare nu numai că își propune să valideze OCT ca instrument standard în laboratoarele dentare, dar și să aducă o contribuție semnificativă în domeniul stomatologiei restaurative.

Această teză de doctorat este structurată în două secțiuni principale: o parte generală și o parte specială. Partea generală oferă o privire de ansamblu, acoperind contextul istoric, clasificarea materialelor și tehnicile de analiză non-invazivă pentru ceramica dentară. Această secțiune stabilește contextual actual al cercetării, discutând evoluția și stadiul actual al ceramicilor dentare, cu accent pe dezvoltarea și aplicarea ceramicii în protetica dentară.

Partea specială aprofundează contribuțiile specifice ale cercetării și studiile experimentale proprii. Include metodologii detaliate, rezultate și discuții privind evaluarea ceramicii dentare în diferite condiții termice, utilizând tehnologii avansate de imagistică, ca Tomografia Optică în Coerență. Această secțiune explorează abordări inovatoare pentru îmbunătățirea durabilității și calității restaurărilor dentare, oferind perspective valoroase și recomandări pentru practica clinică și cercetările viitoare în domeniu.

**Partea generală** a tezei este organizată în patru capitole, fiecare abordând un aspect specific al ceramicii dentare și aplicabilitatea acestora în protetica dentară.

**Capitolul 1** oferă o privire de ansamblu istorică asupra ceramicii dentare, urmărind dezvoltarea acestora de la primele utilizări până la aplicațiile moderne. Se descriu introducerea și evoluția materialelor ceramice în stomatologie, dezvoltarea restaurărilor metalo-ceramice și progresul către materiale ceramice avansate precum oxidul de zirconiu și disilicatul de litiu, cunoscute pentru rezistența și proprietățile estetice superioare.

**Capitolul 2** prezintă o clasificare detaliată a diferitelor tipuri de ceramici utilizate în restaurările dentare. Temele cheie includ: ceramica feldspatică, cunoscută pentru proprietățile estetice excelente, utilizată în principal pentru fațete și restaurări din zona anterioară. Ceramici leucitice, îmbunătățite cu cristale de leucit pentru o rezistență crescută, potrivite pentru coroane și punți mici. Ceramici din disilicat de litiu, renumite pentru combinația de rezistență și atractivitate estetică, utilizate frecvent în realizarea coroanelor și fațetelor. Ceramici pe bază de oxid de zirconiu, ceramici de înaltă rezistență, potrivite pentru restaurări anterioare și posterioare, disponibile în diverse nivele de translucență. Ceramici hibride, acestea combină ceramica cu polimeri, oferind flexibilitate și eficiență crescută, având diverse aplicații dentare.

**Capitolul 3** explorează tehnicile utilizate pentru analizarea și asigurarea calității ceramicii dentare neinvazive. Tehnicile cheie discutate includ: spectroscopia, radiografia și tomografia computerizată, scanarea cu laser și microscopia confocală și tomografia optică în coerență.

**Capitolul 4** discută tendințele și avansările tehnologice în domeniul ceramicii dentare. Acesta acoperă integrarea sistemelor CAD/CAM și a imprimării 3D în producția de restaurări dentare, care permit personalizarea precisă și îmbunătățirea eficienței materialelor. Dezvoltarea de noi materiale ceramice, cum ar fi disilicatul de litiu întărit cu oxid de zirconiu, este, de asemenea, subliniată pentru potențialul lor de a îmbunătăți durabilitatea și calitatea estetică a restaurărilor dentare.

Fiecare capitol oferă o explorare cuprinzătoare a subiectului respectiv, oferind o înțelegere detaliată a rolului și evoluției ceramicii dentare în protetica modernă. Această cunoaștere fundamentală este esențială pentru studiile specializate și experimentele prezentate în partea specializată a tezei.

**Partea specială** a acestei teze de doctorat constă în cinci studii distincte, descrise în capitolele 5 până la 9. Contribuțiile personale și concluziile generale ale acestor studii sunt prezentate mai jos, după cum urmează:

În **capitolul 5**, intitulat "Investigația variației temperaturii de ardere în cuptoarele pentru proteze dentare metalo-ceramice, utilizând tomografia optică în coerență", este descris **primul studiu**. Una dintre principalele tehnici utilizate în realizarea de restaurări ceramice este sinterizarea, un proces ce implică încălzirea materialului ceramic pentru a promova densificarea prin curgere vâscoasă odată ce temperatura de ardere este atinsă. Pentru ca restaurările să fie acceptabile, aliajul și ceramica trebuie să fie compatibile din punct de vedere chimic, termic, mecanic și estetic. Această compatibilitate include asigurarea faptului că temperatura de fuziune a ceramicii nu distorsionează substructura metalică. Atunci când cuptoarele utilizate pentru arderea straturilor ceramice în protezele dentare metalo-ceramice sunt decalibrate, se poate produce stres și fisuri în materialul de fațetare, ceea ce duce în cele din urmă la eșecul restaurării. În acest studiu, au fost realizate 25 de proteze metalo-ceramice, împărțite în cinci grupuri, fiecare sinterizat la temperaturi diferite: un grup la temperatura recomandată de producător, două grupuri la temperaturi mai joase și două grupuri la temperaturi mai ridicate. Ceramica utilizată a fost Unica Wegold, o ceramică într-un singur strat. Studiul a utilizat tomografia optică în coerență pentru a evalua modificările induse de arderea la temperaturi diferite de cele recomandate.

Studiul a demonstrat eficiența tomografiei optice în coerență pentru monitorizarea non-invazivă a variațiilor de temperatură în cuptoarele utilizate pentru sinterizarea protezelor dentare metalo-ceramice. Prin utilizarea OCT, tehnicienii dentari pot evalua stratul ceramic la o adâncime specifică, aproximativ 0,375 mm, utilizând imagini C-scan (en-face). O variație de 43% în reflectivitatea materialului a fost găsită ca un prag critic, indicând necesitatea recalibrării imediate a temperaturii cuptorului pentru a preveni stresul termic și defectele în materiale. Diferențele de granulație și reflectivitate au permis extragerea unor ghiduri practice pentru evaluarea rapidă a calibrării curente a cuptorului ceramic folosind doar protezele produse în prezent. Imaginile OCT permit identificarea rapidă a decalibrării cuptorului, prevenind astfel producerea de proteze dentare cu defecte. Această metodă îmbunătățește

fiabilitatea și calitatea restaurărilor dentare metalo-ceramice, prin asigurarea unui control precis al temperaturii în timpul procesului de sinterizare.

**Al doilea studiu**, prezentat în **capitolul 6**, privind evaluarea ceramicii dentare sinterizate la diferite temperaturi, subliniază impactul critic al fluctuațiilor de temperatură din cuptorul pentru ceramică dentară asupra calității restaurărilor metalo-ceramice. Acest studiu a avut ca scop investigarea modificărilor care pot apărea din cauza devierilor de temperatură de sinterizare pentru coroanele metalo-ceramice. Pentru acest studiu in vitro, au fost create 15 coroane metalo-ceramice pentru dintele 2.1, împărțite în cinci grupuri. Fiecare grup a prezentat un strat ceramic sinterizat la diferite temperaturi pentru a optimiza diverse proprietăți: Grupul 1 a fost sinterizat la 910 °C conform recomandării producătorului, Grupul 2 la 940 °C (+30 °C), Grupul 3 la 960 °C (+50 °C), Grupul 4 la 880 °C (-30 °C) și Grupul 5 la 860 °C (-50 °C). Modelul maxilar a fost scanat folosind scannerul EXOCAD pentru a produce structurile metalice dintr-un aliaj de Cr-Co (SCHEFTNER CoCr - 30 microni). Ceramica Ips InLine One, nuanța A3 dezvoltată de Ivoclar, a fost aplicată în două straturi, fiecare strat fiind sinterizat la aceeași temperatură. După sinterizare, nuanța fiecărui grup a fost măsurată cu spectrofotometrul Vita Easy Shade și comparată, folosind ghidul de nuanțe Vitapan Classic.

Rezultatele au arătat că devierile de temperatură de sinterizare pot altera densitatea și proprietățile mecanice ale ceramicii și pot duce la schimbări de culoare. Aceste modificări apar din cauza alterărilor microstructurii materialului ceramic, afectând proprietățile optice și, în consecință, culoarea percepută. Acest studiu evidențiază impactul crucial al variațiilor de temperatură de sinterizare asupra calității și integrității restaurărilor dentare metalo-ceramice. Constatările subliniază necesitatea inovației și cercetării continue în gestionarea termică în procesarea ceramicii dentare pentru a obține restaurări care nu sunt doar estetic plăcute, ci și funcțional fiabile și compatibile cu dentiția naturală. Tehnicile avansate de imagistică, cum ar fi OCT, joacă un rol vital în asigurarea controlului precis al temperaturii și menținerea înaltelor standarde de calitate ale protezelor dentare.

**Al treilea studiu**, detaliat în **capitolul 7**, a avut ca scop evaluarea eficacității tomografiei optice în coerență în monitorizarea non-invazivă a variațiilor de temperatură în timpul sinterizării ceramicii pentru proteze dentare, subliniind importanța controlului precis al temperaturii pentru obținerea unor proprietăți optime ale materialelor și integritate structurală. Studiul a utilizat OCT-ul pentru a examina 17 restaurări metal-ceramice la diferite temperaturi de sinterizare (standard, cu 80°C mai mică și cu 50°C mai mare decât standardul) și s-a



utilizat ceramica Unica Wegold într-un singur strat. Fiecare proteză a fost analizată prin generarea a 61 de imagini secționale pentru a identifica defecte și schimbări structurale.

Rezultatele au demonstrat că OCT a oferit perspective semnificative asupra efectelor deviațiilor de temperatură asupra microstructurii ceramicii. La temperaturi standard, dimensiunile granulelor erau uniforme, în timp ce temperaturile ridicate au dezvăluit zone de retenție redusă. Aceste constatări subliniază potențialul OCT în controlul calității, oferind o metodă rapidă, precisă și non-distructivă pentru evaluarea temperaturilor de sinterizare și detectarea defectelor în ceramica dentară. Acest studiu susține integrarea OCT în practica de rutină a laboratoarelor dentare pentru a îmbunătăți calitatea și fiabilitatea protezelor.

**Al patrulea studiu**, discutat în **capitolul 8**, s-a concentrat pe evaluarea interfeței protezelor metalo-ceramice produse folosind două tehnologii de realizare diferite. Pentru pregătirea probelor, a fost utilizat scannerul NeWay Open Technology. Structura metalică a fost proiectată pe modelul virtual folosind software-ul EXOCAD pentru sinterizare selectivă cu laser. Modelele pentru tehnologia de turnare au fost frezate în ceară folosind sistemul Zenotec Select Hybrid, iar fațetarea cadrelor metalice din Co-Cr a fost realizată cu ceramică IPS d-SIGN (Ivoclar). Probele au fost apoi secționate și examinate la microscopul optic.

Constatările au arătat că microscopul optic a identificat incluziuni și dehiscente la interfața metalo-ceramică a infrastructurilor turnate, precum și dehiscente și incluziuni sferice în ceramica de fațetare. Studiul a concluzionat că erorile care duc la desprinderea ceramicii fațetate sunt minimizate în cazul tehnologiei SLS datorită aderenței mai bune a ceramicii la infrastructurile metalice. Acest lucru subliniază performanța superioară a tehnologiei SLS în producerea de proteze metalo-ceramice mai fiabile, cu mai puține defecte la interfață.

**Al cincilea studiu**, prezentat în **capitolul 9**, a avut ca scop evaluarea etapelor tehnice implicate în crearea restaurărilor metalo-ceramice, utilizând ceramica IPS InLine (Ivoclar), aceasta fiind o ceramică stratificată. Studiul a utilizat tehnici avansate de imagistică și protocoale precise pentru a realiza restaurările metalo-ceramice.

Rezultatele au evidențiat că controlul precis al temperaturii în timpul procesului de sinterizare este crucial pentru obținerea unor proprietăți materiale optime și a integrității structurale. Imaginile OCT au oferit informații detaliate despre microstructura ceramicii, arătând granulație uniformă la temperaturi standard și inconsistențe structurale la temperaturi ridicate. Studiul a demonstrat că, calitatea și fiabilitatea restaurărilor metalo-ceramice utilizând ceramică IPS InLine (Ivoclar) pot fi semnificativ îmbunătățite prin controlul meticulos al

temperaturii și utilizarea tehnicilor avansate de imagistică. Integrarea OCT în practica de rutină a laboratoarelor dentare poate îmbunătăți procesul de fabricație, asigurând restaurări de înaltă calitate, durabile, care îndeplinesc cerințele estetice și funcționale.

**Concluziile finale** ale acestei teze de doctorat rezumă pe scurt problemele esențiale abordate în teză, reflectând exact rezultatele cercetării și îndeplinind pe deplin obiectivele propuse. Descoperirile din aceste studii deschid noi direcții și subiecte pentru cercetări viitoare, oferind un potențial semnificativ pentru investigații suplimentare. Concluziile, alături de elementele de originalitate și perspectivele desprinse din contribuțiile personale în această teză de doctorat, au aplicabilitate directă în laboratoarele dentare. Acestea nu sunt doar benefice pentru practicieni, ci, mai ales, pentru pacienți, oferind potențialul de a îmbunătăți calitatea restaurărilor protetice oferite acestora.