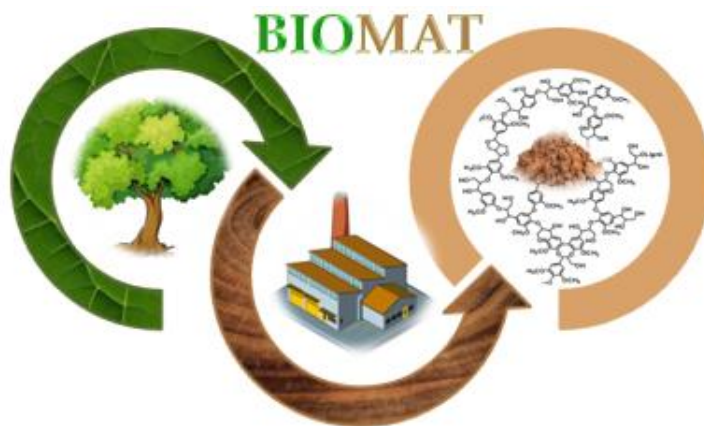


KTH KUNGLIGA TEKNISKA HÖGSKOLAN, SVERIGE



Del 1
E-test

*Isolering, karakterisering, fraktionering och modifiering
av lignin*

av

OLENA SEVASTYANOVA

Sverige 2025

E-testet har tagits fram inom ramen
för projektet med titeln

*"Förbättra undervisningskompetenser inom området design av nya generationers
biomaterial från träavfall "*

Projektnummer: 2024-1-PL01-KA220-HED-000246133

Erasmus+-programmet:

KA220-HED – Samarbetspartnerskap inom högre utbildning.

Välj och markera ett rätt svar:

1. Lignin är den primära naturliga källan till vilken typ av kol i biomassa?

- A. alifatisk kol
- B. aromatisk kol
- C. karbonylkol
- D. karboxylkol

2. Vilken av följande bindningar är INTE en vanlig interenhetsbindning i lignin?

- A. β -O-4 eter
- B. β -5 fenylkumaran
- C. α -1,4 glykosidbindning
- D. 5-5' bifenybindning

3. I barrträd (gymnospermer), vilken ligninmonomer dominerar strukturen?

- A. syringyl (S) enhet
- B. p-hydroxyfenyl (H) enhet
- C. guaiacyl (G) enhet
- D. koniferaldehyd

4. Den vanligaste interenhetsbindningen i naturligt lignin är:

- A. β -5 (fenylkumaran)
- B. β - β (resinol)
- C. β -O-4 eterbindning
- D. 5-5' (bifenybindning)

5. Vilken förening är INTE en monoligno (monomer) till lignin?

- A. koniferylalkohol
- B. sinapylalkohol
- C. p-kumarylalkohol
- D. glukos

6. Lignin från lövträd (hardwood) är generellt:

- A. mer kondenserat och tvärbundet än lignin från barrträd
- B. rikt på syringylenheter och mer linjärt än lignin från barrträd
- C. uteslutande uppbyggt av guaiacylenheter
- D. mindre reaktivt på grund av högre tvärbindingstäthet

7. Metoden utvecklad av Björkman (1956) för att isolera naturligt lignin kallas:

- A. sulfitkokning
- B. sulfatprocessen (kraftprocessen)

- C. malet vedlignin (MWL) metoden
D. syranedbrytning

8. Vilken industriell massaprocess producerar lignosulfonater som en huvudsaklig biprodukt av lignin?

- A. sulfatprocessen (kraftprocessen)
B. sulfitprocessen
C. sodaprocessen
D. organosolvprocessen

9. Sodalignin erhålls främst från:

- A. barrträd som tall och gran
B. eukalyptusplantager
C. icke-träbiomassa såsom vetehalm och bagass
D. blandade skogsrester

10. Organosolvlignin anses vara mer "naturlikt" än sulfatlignin (kraftlignin) eftersom:

- A. det erhålls under extremt hårda kemiska förhållanden
B. det behåller fler β -O-4 bindningar och har låg svavelhalt
C. det innehåller höga halter av aska
D. det har mycket hög molekylvikt och polydispersitet

11. Sulfatprocessen använder huvudsakligen vilka kemikalier i vitlut (white liquor)?

- A. natriumhydroxid och natriumvätesulfid
B. svavelsyrighet(IV) och bisulfit-salter
C. endast natriumhydroxid
D. etanol blandat med ättiksyra

12. Huvudsyftet med sulfatkokningen (kraftkokningen) i massatillverkningsprocessen är:

- A. att helt lösa upp cellulosan
B. att avlägsna ligninet från vedmatrisen och separera fibrerna
C. att öka lignininnehållet i massan
D. att selektivt hydrolysera hemicellulosan

13. Jämfört med organosolvlignin kännetecknas sulfatlignin (kraftlignin) av:

- A. låg halt av fenoliska hydroxylgrupper och hög vattenlöslighet
B. hög halt av fenoliska hydroxylgrupper och kondenserade strukturer
C. mycket smal molekylviktsfördelning
D. att vara svavelfritt och mer naturligt

14. I industriell praxis, vad händer med det mesta av ligninet som löses upp under sulfatkokningen (kraft processen)?

- A. det fälls ut och säljs som vanillin
- B. det förbränns i sodapannan för energi och kemikalieåtervinning
- C. det omvandlas till organosolvlignin
- D. det stannar kvar i massan som restlignin

15. Vilket påstående jämför sulfatlignin (kraftlignin) och lignosulfonater korrekt?

- A. sulfatlignin är svavelfritt, medan lignosulfonater innehåller sulfonatgrupper
- B. sulfatlignin är vattenlösligt, medan lignosulfonater är hydrofoba
- C. sulfatlignin har högre termisk stabilitet men lägre vattenlöslighet än lignosulfonater
- D. sulfatlignin har mycket högre molekylvikt än lignosulfonater

16. LignoBoost®-processen, utvecklad i Sverige, utvinner lignin från svartlut genom:

- A. enzymatisk hydrolys och ultrafiltrering
- B. förurning med koldioxid och fällning med svavelsyra
- C. lösningsextraktion med etanol-vatten
- D. direkt oxidation med syre och ozon

17. Vilket företag kommersialiserade LignoForce™-processen i Nordamerika?

- A. Stora Enso (Finland)
- B. Domtar (USA/Kanada)
- C. Borregaard (Norge)
- D. WestRock (USA)

18. Den avgörande skillnaden i LignoForce™-processen jämfört med LignoBoost® är:

- A. användning av organiska lösningsmedel för att lösa upp lignin
- B. ett pre-oxidationssteg med syre för att minska svavelutsläpp och förbättra filtrerbarheten
- C. användning av enzymatisk hydrolys före fällning
- D. produktion av lignosulfonater istället för kraftlignin

19. Vilken metod för ligninpreparation använder membranseparation för att fraktionera lignin direkt från svartlut?

- A. SILVA™-processen
- B. LignoBoost®
- C. Sodaprocessen
- D. Organosolvprocessen

20. Vilken teknik används för att fraktionera tekniska ligniner i mer enhetliga fraktioner efter molekylvikt?

- A. soxhlet-extraktion

- B. ultrafiltrering
- C. termisk pyrolys
- D. gelelektrofores

21. Huvudsyftet med ligninfraktionering är:

- A. att öka ligninutbytet vid kokningen
- B. att isolera ligninfraktioner med smalare molekylviktsfördelning och skräddarsydda egenskaper
- C. att helt avlägsna svavel från lignin
- D. att direkt omvandla lignin till vanillin

22. Vilken fördel ger ultrafiltrering vid ligninbearbetning?

- A. det hydrolyserar lignin till monomera fenoler
- B. det separerar ligninfraktioner efter molekylstorlek utan pH-justering
- C. det introducerar sulfonatgrupper i lignin
- D. det ökar kondensationsnivån i lignin

23. En nackdel med fraktionering av lignin i jonvätskor är:

- A. dålig selektivitet för lignin över kolhydrater
- B. hög kostnad och svårigheter med återvinning av lösningsmedel
- C. låg reaktivitet hos de resulterande fraktionerna
- D. fullständig nedbrytning av β -O-4 bindningar

24. Vilken modifieringsstrategi inför nya reaktiva ställen såsom amin- eller sulfonatgrupper i lignin?

- A. funktionalisering av hydroxylgrupper
- B. skapande av nya kemiskt aktiva ställen
- C. lösningsextraktion
- D. termisk krackning

25. Esterifiering, eterifiering och uretanisering av lignin är exempel på:

- A. funktionalisering av befintliga hydroxylgrupper
- B. införande av nitrogrupper
- C. depolymerisationsreaktioner
- D. termiska stabiliseringsprocesser

26. Vilken kemisk modifiering gör lignin mer kompatibelt med hydrofoba polymerer genom att minska polariteten?

- A. fenolering
- B. oxidation till aldehyder
- C. eterifiering
- D. sulfonering

27. Vilken analytisk teknik är standardmetoden för att bestämma molekylviktsfördelningen hos lignin?

- A. Fouriertransformerad infrarödspektroskopi (FTIR)
- B. Differentiell svepkalorimetri (DSC)
- C. Kärnmagnetisk resonanspektroskopi (NMR)
- D. Gelpermeationskromatografi (GPC/SEC)

28. I ^{31}P NMR-spektroskopi av lignin kvantifieras hydroxylgrupper efter derivatisering med vilken reagens?

- A. diazometan
- B. svavelsyra
- C. natriumhydroxid
- D. 2-kloro-4,4,5,5-tetrametyl-1,3,2-dioxafosfolan (TMDP)

29. Termisk analys av lignin med TGA och DSC ger vanligtvis data om:

- A. fördelningen av interenhetsbindningar (β -O-4, β -5, β - β)
- B. ligninkolhydratkomplex
- C. löslighetsparametrar i organiska lösningsmedel
- D. glasomvandlingstemperatur (T_g) och nedbrytningstemperatur (T_d)

30. Vilken typ av lignin representerar för närvarande den största andelen av den kommersiella ligninmarknaden ($\approx 80\%$)?

- A. lignosulfonater
- B. sulfatlignin (kraftlignin)
- C. organosolvlignin
- D. sodalignin

31. Vilka anses vara de mest lovande högvärdesapplikationerna för lignin i framtiden?

- A. kolfibrer, aromatiska kemikalier (t.ex. vanillin, adipinsyra), avancerade polymerprekursorer
- B. bränsle till pannor för enbart energiåtervinning
- C. pappersfyllmedel och lågkvalitativa bindemedel
- D. jordförbättringsmedel utan kemisk bearbetning

32. En nyckelutmaning för användning av sulfatlignin (kraftlignin) i högvärdespolymerprodukter är:

- A. dess låga tillgänglighet jämfört med organosolvlignin
- B. avsaknad av aromatiska strukturer
- C. hög renhet och enhetlighet
- D. dess heterogenitet, begränsade löslighet och kondenserade struktur

33. Björkman-metoden (MWL) för isolering av naturligt lignin innebär:

- A. svavelsyrahydrolys av cellulosa

- B. omfattande kulmalning följt av dioxanextraktion
- C. direkt fällning från svartlut med svavelsyra
- D. ångexplosion av träflis

34. En begränsning av Björkman MWL-metoden är att:

- A. den återvinner nästan 100% av ligninet
- B. den producerar lignin som är kemiskt identiskt med sulfatlignin (kraftlignin)
- C. den ger endast 20–35% av det totala ligninet och lösliga fraktioner kan vara överrepresenterade
- D. den kräver kemikalier med hög svavelhalt

35. I sulfatkokning (kraftkokning) innehåller vitlut (white liquor) huvudsakligen:

- A. natriumhydroxid och natriumvätesulfid
- B. svavelsyrlighet(VI) och svaveloxid(IV)
- C. endast natriumhydroxid
- D. etanol och ättiksyra

36. Termen "effektiv alkalinitet (EA)" i sulfatkokning (kraftkokning) avser:

- A. förhållandet natrium till svavel i svartlut
- B. procenten NaOH-ekvivalent tillsatt på torrt trä
- C. den totala halten fasta ämnen i vitlut
- D. ligninborttagningseffektiviteten vid ett givet H-faktorvärde

37. Sulfiditet i sulfatkokning (kraftkokning) definieras som:

- A. andelen av den totala alkaliniteten som förekommer som natriumsulfid
- B. procenten hemicellulosa som förloras under kokning
- C. svavelinnehållet i det återvunna ligninet
- D. kappatalet hos oblekt massa

38. Vätske-till-trä-förhållandet (L:W) i sulfatkokning (kraftkokning) ligger vanligtvis mellan:

- A. 0,1–0,5 L/kg
- B. 1–2 L/kg
- C. 3–7 L/kg
- D. 10–15 L/kg

39. H-faktorn i sulfatkokning är ett mått på:

- A. degraderingshastigheten för hemicellulosa
- B. den integrerade effekten av tid och temperatur på delignifiering
- C. bildandet av lignin–kolhydratkomplex
- D. vitlutens koncentration av effektiv alkalinitet

40. En högre H-faktor under sulfatkokning (kraftkokning) resulterar generellt i:

- A. högre massautbyte och lägre delignifiering
- B. lägre kappatal och minskat restlignin
- C. längre cellulosakedjor
- D. lägre nedbrytning av kolhydrater

41. Kappatalet för massa används för att uppskatta:

- A. hemicellulosainnehåll
- B. fiberdraghållfasthet
- C. restlignininnehåll
- D. effektiv alkalinitet

42. Ofullständig fiberseparering efter kraftkokning leder till:

- A. askbildning
- B. spet (fiberknippen, shives) i massan
- C. högre effektiv alkalinitet
- D. ökad sulfiditet

43. I laboratorieprotokollet för isolering av sulfatlignin (kraftlignin) fälls lignin ut genom:

- A. kylning till 0°C
- B. tillsats av etanol som antisolvent
- C. sänkning av pH till ~2 med svavelsyra
- D. oxidering med väteperoxid

44. Efter fällning under laboratieförhållanden renas sulfatlignin (kraftlignin) typiskt genom:

- A. tvättning med svavelsyralösning vid pH 2 och centrifugering
- B. avdunstning av supernatanten
- C. värmebehandling vid 150°C
- D. Soxhlet-extraktion med bensen

45. Ett karakteristiskt UV-Vis-drag hos lignin är starkt absorberat vid:

- A. 180 nm på grund av cellulosa
- B. 280 nm på grund av aromatiska ringar
- C. 450 nm på grund av karbonylgrupper
- D. 600 nm på grund av polysackarider

46. I UV-Vis-spektrum av lignin indikerar en skuldra nära 340 nm:

- A. proteinkontamination
- B. förekomst av konjugerade eller oxiderade aromatiska strukturer
- C. högt glukosinnehåll
- D. frånvaro av fenoliska grupper

47. Jämfört med organosolvlignin är sulfatlignin (kraftlignin) generellt:

- A. svavelfritt och mer naturligt
- B. rikt på fenoliska hydroxylgrupper och kondenserade strukturer
- C. lågt i molekylvikt och polydispersitet
- D. mycket lösligt i vatten vid alla pH-värden

48. Vilken typ av tekniskt lignin har högst typisk molekylvikt (15–50 kDa)?

- A. sulfatlignin (kraftlignin)
- B. sodalignin
- C. lignosulfonater
- D. organosolvlignin

49. Vilken typ av tekniskt lignin har vanligtvis lägst glas temperatur ($T_g \sim 90\text{--}110^\circ\text{C}$)?

- A. sulfatlignin (kraftlignin)
- B. sodalignin
- C. lignosulfonater
- D. organosolvlignin

50. En nackdel med mald ved-lignin (MWL) som modell för studier av naturligt lignin är att:

- A. det kan överrepresentera lösliga fraktioner med låg molekylvikt och kräver lång extraktionstid
- B. det erhålls enbart från icke-träbiomassa
- C. det innehåller svavelrester
- D. det är helt kondenserat och olösligt

Del 1_ Svarsblad

E-test

Isolering, karakterisering, fraktionering och modifiering av lignin

Namn och efternamn: Datum:

Poäng:/50 poäng, Procentandelar:/100%

Antal frågor	Svar	Antal frågor	Svar	Antal frågor	Svar	Antal frågor	Svar	Antal frågor	Svar
1.		11.		21.		31.		41.	
2.		12.		22.		32.		42.	
3.		13.		23.		33.		43.	
4.		14.		24.		34.		44.	
5.		15.		25.		35.		45.	
6.		16.		26.		36.		46.	
7.		17.		27.		37.		47.	
8.		18.		28.		38.		48.	
9.		19.		29.		39.		49.	
10.		20.		30.		40.		50.	

Del 1_ *Facitlista*

E-test

Isolering, karakterisering, fraktionering och modifiering av lignin

Varje rätt svar: 1 poäng, maximalt antal poäng att erhålla: 50 poäng.

1. B	11. A	21. B	31. A	41. C
2. C	12. B	22. B	32. D	42. B
3. C	13. B	23. B	33. B	43. C
4. C	14. B	24. B	34. C	44. A
5. D	15. C	25. A	35. A	45. B
6. B	16. B	26. C	36. B	46. B
7. C	17. B	27. D	37. A	47. B
8. B	18. B	28. D	38. C	48. C
9. C	19. A	29. D	39. B	49. D
10. B	20. B	30. A	40. B	50. A