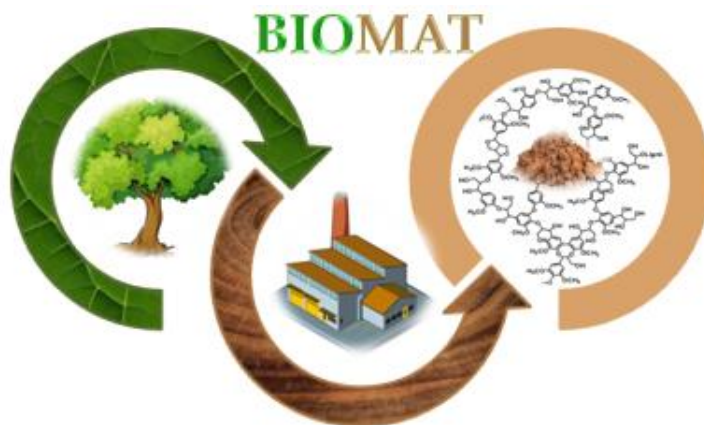


KTH KRÓLEWSKI INSTYTUT TECHNOLOGICZNY, SZWECJA



Część 1 *E-test*

Izolacja, charakterystyka, frakcjonowanie i modyfikacja ligniny

autor:

OLENA SEVASTYANOVA

Szwecja 2025

E-test powstał
w ramach projektu zatytułowanego

*„Doskonalenie kompetencji dydaktycznych w zakresie projektowania
biomateriałów nowej generacji z odpadów drzewnych”*

Nr projektu: 2024-1-PL01-KA220-HED-000246133

Program Erasmus+:

KA220-HED – Partnerstwa na rzecz współpracy w szkolnictwie wyższym.

Wybierz i zaznacz jedną poprawną odpowiedź:

1. Lignina jest głównym naturalnym źródłem którego typu węgla w biomasie?

- A. węgla alifatycznego
- B. węgla aromatycznego
- C. węgla karbonylowego
- D. węgla karboksylowego

2. Które z poniższych wiązań NIE jest typowym wiązaniem międzyjednostkowym w ligninie?

- A. β -O-4 (eterowe)
- B. β -5 (fenylokumaran)
- C. α -1,4 wiązanie glikozydowe
- D. 5-5' (bifenyłowe)

3. W drewnie iglastym (nagonasiennym) dominującym monomerem ligniny jest:

- A. jednostka syryngilowa (S)
- B. jednostka p-hydroksyfenylowa (H)
- C. jednostka guajacylowa (G)
- D. aldehyd koniferylowy

4. Najczęściej występujące wiązanie międzyjednostkowe w ligninie natywnej to:

- A. β -5 (fenylokumaran)
- B. β - β (rezinol)
- C. wiązanie eterowe β -O-4
- D. wiązanie bifenyłowe 5-5'

5. Który związek NIE jest prekursorem monolignolu w ligninie?

- A. alkohol koniferylowy
- B. alkohol synapylowy
- C. alkohol p-kumarylowy
- D. glukoza

6. Lignina z drzew liściastych (hardwood) charakteryzuje się ogólnie:

- A. większą kondensacją i usieciowaniem niż lignina z drzew iglastych
- B. bogactwem jednostek syryngilowych i bardziej liniową strukturą niż lignina z drzew iglastych
- C. wyłącznie jednostkami guajacylowymi
- D. mniejszą reaktywnością ze względu na większą gęstość sieciowania

7. Metoda opracowana przez Björkmana (1956) do izolacji ligniny natywnej nosi nazwę:

- A. proces siarczynowy
- B. proces kraft

- C. metoda mielonego drewna (MWL)
D. hydroliza kwasowa

8. Który przemysłowy proces wytwarzania celulozy daje lignosulfoniany jako główny produkt uboczny ligniny?

- A. proces kraft
B. proces siarczynowy
C. proces sodowy
D. proces organosolv

9. Lignina sodowa jest głównie pozyskiwana z:

- A. drewna iglastego, takiego jak sosna i świerk
B. plantacji eukaliptusowych
C. biomasy niedrzewnej, np. słomy pszennej i bagassy
D. mieszanych odpadów leśnych

10. Lignina organosolv uważana jest za bardziej „natywną” niż lignina kraft, ponieważ:

- A. powstaje w bardzo drastycznych warunkach chemicznych
B. zachowuje więcej wiązań β -O-4 i ma niską zawartość siarki
C. zawiera duże ilości popiołu
D. charakteryzuje się bardzo dużą masą cząsteczkową i polidispersyjnością

11. Proces kraft wykorzystuje w roztworze białym (white liquor) głównie:

- A. wodorotlenek sodu i siarczki sodu
B. kwas siarkowy(IV) i sole wodorosiarczynowe
C. tylko wodorotlenek sodu
D. etanol z kwasem octowym

12. Główna rola metody kraft w procesie celulozowym to:

- A. całkowite rozpuszczenie celulozy
B. usunięcie ligniny z matrycy drewna i rozdzielenie włókien
C. zwiększenie zawartości ligniny w masie celulozowej
D. selektywna hydroliza hemiceluloz

13. W porównaniu do ligniny organosolv, lignina kraft charakteryzuje się:

- A. niską zawartością grup fenolowych hydroksylowych i wysoką rozpuszczalnością w wodzie
B. wysoką zawartością fenolowych grup hydroksylowych i struktur skondensowanych
C. bardzo wąskim rozkładem masy cząsteczkowej
D. brakiem siarki i bardziej natywną strukturą

14. W praktyce przemysłowej większość ligniny rozpuszczonej podczas procesu kraft:

- A. jest wytrącana i sprzedawana jako wanilina
- B. jest spalana w kotle odzysknicowym w celu uzyskania energii i regeneracji chemikaliów
- C. jest przekształcana w ligninę organosolv
- D. pozostaje w masie jako lignina resztkowa

15. Które stwierdzenie prawidłowo porównuje ligninę kraft z lignosulfonianami?

- A. lignina kraft jest pozbawiona siarki, podczas gdy lignosulfoniany zawierają grupy sulfonowe
- B. lignina kraft jest rozpuszczalna w wodzie, lignosulfoniany są hydrofobowe
- C. lignina kraft ma większą stabilność termiczną, ale mniejszą rozpuszczalność w wodzie niż lignosulfoniany
- D. lignina kraft ma znacznie większą masę cząsteczkową niż lignosulfoniany

16. Proces LignoBoost®, opracowany w Szwecji, odzyskuje ligninę z ługów czarnych poprzez:

- A. hydrolizę enzymatyczną i ultrafiltrację
- B. zakwaszanie dwutlenkiem węgla i wytrącanie kwasem siarkowym
- C. ekstrakcję rozpuszczalnikami etanol-woda
- D. utlenianie tlenem i ozonem

17. Która firma skomercjalizowała proces LignoForce™ w Ameryce Północnej?

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

18. Kluczowa różnica procesu LignoForce™ w porównaniu z LignoBoost® to:

- A. zastosowanie rozpuszczalników organicznych do solubilizacji ligniny
- B. etap preoksydacji tlenem w celu redukcji emisji siarki i poprawy filtracji
- C. zastosowanie hydrolizy enzymatycznej przed wytrącaniem
- D. produkcja lignosulfonianów zamiast ligniny kraft

19. Która metoda odzysku ligniny stosuje separację membranową do frakcjonowania ligniny bezpośrednio z ługów czarnych?

- A. proces SILVA™
- B. LignoBoost®
- C. proces sodowy
- D. proces organosolv

20. Która technika jest stosowana do frakcjonowania lignin technicznych na bardziej jednorodne frakcje pod względem masy cząsteczkowej?

- A. ekstrakcja soxhleta

- B. ultrafiltracja
- C. piroliza termiczna
- D. elektroforeza żelowa

21. Głównym celem frakcjonowania ligniny jest:

- A. zwiększenie wydajności uzyskiwania ligniny w procesie gotowania
- B. uzyskanie frakcji ligniny o węższym rozkładzie masy cząsteczkowej i określonych właściwościach
- C. całkowite usunięcie siarki z ligniny
- D. bezpośrednia konwersja ligniny do waniliny

22. Główną zaletą ultrafiltracji w przetwarzaniu ligniny jest:

- A. hydroliza ligniny do monomerowych fenoli
- B. separacja frakcji ligniny według masy cząsteczkowej bez zmiany pH
- C. wprowadzanie grup sulfonowych do ligniny
- D. zwiększenie kondensacji ligniny

23. Wadą frakcjonowania ligniny w cieczach jonowych jest:

- A. niska selektywność względem węglowodanów
- B. wysoki koszt i trudności z recyklingiem rozpuszczalnika
- C. niska reaktywność otrzymanych frakcji
- D. całkowita degradacja wiązań β -O-4

24. Która strategia modyfikacji wprowadza do ligniny nowe miejsca reaktywne, takie jak grupy aminowe lub sulfonowe?

- A. funkcjonalizacja grup hydroksylowych
- B. tworzenie nowych aktywnych miejsc chemicznych
- C. ekstrakcja rozpuszczalnikowa
- D. kraking termiczny

25. Estryfikacja, eteryfikacja i uretanizacja ligniny to przykłady:

- A. funkcjonalizacji istniejących grup hydroksylowych
- B. wprowadzania grup nitrowych
- C. reakcji depolimeryzacji
- D. procesów stabilizacji termicznej

26. Która modyfikacja chemiczna czyni ligninę bardziej kompatybilną z polimerami hydrofobowymi przez redukcję polarności?

- A. fenolacja
- B. utlenianie do aldehydów
- C. eteryfikacja
- D. sulfonowanie

27. Standardową metodą oznaczania rozkładu masy cząsteczkowej ligniny jest:

- A. spektroskopia w podczerwieni z transformacją Fouriera (FTIR)
- B. kalorymetria różnicowa (DSC)
- C. spektroskopia magnetycznego rezonansu jądrowego (NMR)
- D. chromatografia żelowo-permeacyjna (GPC/SEC)

28. W ^{31}P NMR ligniny grupy hydroksylowe są oznaczane ilościowo po derywatyзації za pomocą:

- A. diazometanu
- B. kwasu siarkowego
- C. wodorotlenku sodu
- D. 2-chloro-4,4,5,5-tetrametylo-1,3,2-dioksafosfolanu (TMDP)

29. Analiza termiczna ligniny metodą TGA i DSC dostarcza informacji o:

- A. rozkładzie wiązań międzyjednostkowych ($\beta\text{-O-4}$, $\beta\text{-5}$, $\beta\text{-}\beta$)
- B. zanieczyszczeniach węglowodanowych w ligninie
- C. parametrach rozpuszczalności w rozpuszczalnikach organicznych
- D. temperaturze zeszklenia (T_g) i temperaturze degradacji (T_d)

30. Który typ ligniny obecnie stanowi największy udział w komercyjnym rynku ligniny ($\approx 80\%$)?

- A. lignosulfoniany
- B. lignina kraft
- C. lignina organosolv
- D. lignina sodowa

31. Za najbardziej obiecujące wysokowartościowe zastosowania ligniny w przyszłości uważa się:

- A. włókna węglowe, związki aromatyczne (np. wanilina, kwas adipinowy), prekursorzy zaawansowanych polimerów
- B. paliwa kotłowe do odzysku energii
- C. wypełniacze papieru i niskiej jakości lepiszcza
- D. ulepszacze gleb bez przetwarzania chemicznego

32. Kluczowym wyzwaniem dla zastosowania ligniny kraft w wysokowartościowych produktach polimerowych jest:

- A. jej niska dostępność w porównaniu z ligniną organosolv
- B. brak struktur aromatycznych
- C. wysoka czystość i jednorodność
- D. jej heterogeniczność, ograniczona rozpuszczalność i zwarta struktura

33. Metoda Björkmana (MWL) do izolacji ligniny natywnej obejmuje:

- A. hydrolizę kwasem siarkowym celulozy
- B. intensywne mielenie kulowe, a następnie ekstrakcję dioksanem

- C. bezpośrednie wytrącanie z ługów czarnych kwasem siarkowym
- D. eksplozję parową wiórów drzewnych

34. Ograniczeniem metody Björkmana (MWL) jest to, że:

- A. odzyskuje prawie 100% ligniny
- B. daje ligninę chemicznie identyczną z ligniną kraft
- C. uzyskuje tylko 20–35% całkowitej ligniny i może być nastawiona na frakcje rozpuszczalne
- D. wymaga reagentów wysokosiarkowych

35. W procesie kraft głównymi składnikami roztworu białego (white liquor) są:

- A. wodorotlenek sodu i siarczek sodu
- B. kwas siarkowy(VI) i tlenek siarki(IV)
- C. tylko wodorotlenek sodu
- D. etanol i kwas octowy

36. Termin „efektywna zasadowość (EA)” w procesie kraft oznacza:

- A. stosunek sodu do siarki w ługu czarnym
- B. procent ekwiwalentu wodorotlenku sodu dodany do suchego drewna
- C. całkowitą zawartość substancji stałych w roztworze białym
- D. skuteczność usuwania ligniny przy danym współczynniku H

37. Siarczystość w procesie kraft definiuje się jako:

- A. udział całkowitej zasady obecny jako siarczek sodu
- B. procent hemicelulozy utraconej podczas procesu gotowania
- C. zawartość siarki w odzyskanej ligninie
- D. liczbę kappa masy niebielonej

38. Stosunek roztworu do drewna (L:W) w gotowaniu kraft zazwyczaj mieści się w zakresie:

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

39. Współczynnik H w procesie kraft jest miarą:

- A. szybkości degradacji hemicelulozy
- B. całkowitego efektu czasu i temperatury na delignifikację
- C. tworzenia kompleksu lignina–węglowodan
- D. stężenia efektywnej zasady w roztworze białym

40. Wyższy współczynnik H w procesie kraft prowadzi zazwyczaj do:

- A. wyższej wydajności masy i mniejszej delignifikacji

- B. niższej liczby kappa i mniejszej ilości ligniny resztkowej
- C. wydłużenia łańcucha celulozy
- D. mniejszej degradacji węglowodanów

41. Liczba kappa masy jest używana do oszacowania:

- A. zawartości hemicelulozy
- B. wytrzymałości włókien na rozciąganie
- C. zawartości ligniny resztkowej
- D. efektywnej zasadowości

42. Niewystarczające rozdzielenie włókien po gotowaniu kraft prowadzi do:

- A. tworzenia popiołu
- B. obecności niedogotowanych fragmentów włókien (shives) w masie
- C. wyższej efektywnej zasadowości
- D. zwiększonej siarczystości

43. W protokole laboratoryjnym izolacji ligniny kraft lignina jest wytrącana poprzez:

- A. schłodzenie do 0°C
- B. dodanie etanolu jako antyrozpuszczalnika
- C. zakwaszenie do pH ~2 kwasem siarkowym
- D. utlenianie nadtlakiem wodoru

44. Po wytrąceniu w warunkach laboratoryjnych lignina kraft jest zazwyczaj oczyszczana poprzez:

- A. płukanie roztworem kwasu siarkowego o pH 2 i wirowanie
- B. odparowanie supernatantu
- C. wygrzewanie termiczne w 150°C
- D. ekstrakcję Soxhleta benzyną

45. Charakterystyczną cechą widma UV–Vis ligniny jest silna absorpcja przy:

- A. 180 nm ze względu na celulozę
- B. 280 nm ze względu na pierścienie aromatyczne
- C. 450 nm ze względu na grupy karbonylowe
- D. 600 nm ze względu na polisacharydy

46. W widmach UV–Vis ligniny obecność ramienia w okolicach 340 nm wskazuje na:

- A. zanieczyszczenia białkowe
- B. obecność sprzężonych lub utlenionych struktur aromatycznych
- C. wysoką zawartość glukozy
- D. brak grup fenolowych

47. W porównaniu do ligniny organosolv, lignina kraft jest generalnie:

- A. wolna od siarki i bardziej natywna
- B. bogata w grupy hydroksylowe fenolowe i struktury skondensowane
- C. o niskiej masie cząsteczkowej i polidispersyjności
- D. wysoce rozpuszczalna w wodzie przy każdym pH

48. Który typ ligniny technicznej charakteryzuje się najwyższą typową masą cząsteczkową (15–50 kDa)?

- A. lignina kraft
- B. lignina sodowa
- C. lignosulfoniany
- D. lignina organosolv

49. Który typ ligniny technicznej zwykle ma najniższą temperaturę zeszklenia (T_g ~90–110°C)?

- A. lignina kraft
- B. lignina sodowa
- C. lignosulfoniany
- D. lignina organosolv

50. Wadą ligniny z mielonego drewna (MWL) jako modelu do badań nad ligniną natywną jest to, że:

- A. może nadmiernie reprezentować frakcje rozpuszczalne o niskiej masie cząsteczkowej i wymaga długiego czasu ekstrakcji
- B. jest pozyskiwana wyłącznie z biomasy nieдрzewnej
- C. zawiera pozostałości siarki
- D. jest całkowicie skondensowana i nierozpuszczalna

Część 1_karta odpowiedzi

E-test

Izolacja, charakterystyka, frakcjonowanie i modyfikacja ligniny

Imię i nazwisko: Data:

Punkty:/50 pkt, Procenty:/100%

Numer pytania	Odpowiedź	Numer pytania	Odpowiedź	Numer pytania	Odpowiedź	Numer pytania	Odpowiedź	Numer pytania	Odpowiedź
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.	

Część 1_*klucz odpowiedzi*

E-test

Izolacja, charakterystyka, frakcjonowanie i modyfikacja ligniny

Każda prawidłowa odpowiedź: 1 pkt, maksymalna liczba punktów do zdobycia 50 pkt.

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